



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación y diseño de protección contra el proceso de
socavación hidráulica del Puente Unocolla de la ciudad de

Juliaca, Puno

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: Ingeniero Civil

AUTOR(ES):

Almonte Pilco, Néstor (ORCID: 0000-0002-2337-780X)

ASESOR:

M(o). De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (ORCID: [0000-0003-0254-301X](https://orcid.org/0000-0003-0254-301X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

CALLAO– PERÚ

2021

DEDICATORIA

Agradezco especialmente a mis padres, Enrique y María Rosa impulsores de mi educación, quienes con su apoyo incondicional me enseñaron a valorar día tras día cada una de las circunstancias de la vida, y a no rendirme nunca para así poder lograr todas mis metas.

Gracias a mis hermanos, Enrique, Hernán y en especial a mi hermana Nery Elizabeth, que con sus presencias y respaldo me impulsaron a seguir adelante, además de saber que mis esfuerzos también son los suyos.

Néstor Almonte Pilco

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Universidad César Vallejo y a sus autoridades, por permitir integrarme a su casa de estudios y de esa manera poder realizar el presente informe de investigación.

Gracias a Dios y a mi hermana Yovana, que me ve desde el cielo, que fueron los principales motivadores para continuar día a día en mi formación profesional y no fracasar en el intento.

Gracias al Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo, quien invirtió su tiempo para guiarme, lograr la culminación de este proyecto y conquistar esta aspiración profesional.

Néstor Almonte Pilco

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| INDICE DE TABLAS | vi |
| INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS | vii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| I.- INTRODUCCIÓN | 1 |
| II.- MARCO TEÓRICO | 4 |
| III.- METODOLOGÍA | 10 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación: | 10 |
| 3.2. Variables y Operacionalización: | 10 |
| 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis: | 11 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: | 11 |
| 3.5. Procedimientos: | 12 |
| 3.6. Método de análisis de datos: | 13 |
| 3.7. Aspectos éticos: | 14 |
| V.- RESULTADOS | 15 |
| V.- DISCUSIÓN | 19 |
| VI.- CONCLUSIONES | 23 |
| VII.- RECOMENDACIONES | 24 |
| REFERENCIAS | 25 |
| ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autor) | 28 |
| ANEXO 2:Declaratoria de autenticidad (asesor) | 29 |
| ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variable | 30 |
| ANEXO 4: Estudio hidrológico | 31 |
| ANEXO 5: Modelamiento Hidráulico | 48 |
| ANEXO 6: Proceso de enrocado | 59 |
| ANEXO 7: Estudio de suelos | 61 |
| ANEXO 8: Panel fotográfico | 91 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tecnicas e Instrumentos | 11 |
| Tabla 2. Parámetros geomorfológicos de la subcuenca | 15 |
| Tabla 3. Resumen de datos obtenidos para cada periodo de retorno para realizar modelamiento con software HEC – RAS | 15 |
| Tabla 4 Datos de la profundidad de socavación máxima según Hec – Ras | 16 |
| Tabla 5 Calculo de la profundidad de socavación máxima según Hec – Ras | 17 |
| Tabla 6 Resultados del cálculo de la profundidad de socavación en el pilar crítico | 18 |
| Tabla 7. Resumen Datos Generales de la Cuenca | 32 |
| Tabla 8. Cálculo de Intensidad máxima para frecuencias de ocurrencia y duración de la tormenta | 33 |
| Tabla 9. Precipitación diaria para diferentes periodos de duración | 35 |
| Tabla 10. Profundidad de precipitación por Weibull | 36 |
| Tabla 11 Precipitación máxima de 24 horas en distintos periodos de retorno | 42 |
| Tabla 12 Profundidad de lluvia de diseño – periodo de retorno | 42 |
| Tabla 13. Tabla de cálculo de caudal por la ecuación de Manning | 44 |
| Tabla 14. Parámetros iniciales del modelo | 45 |
| Tabla 15 Resumen de los datos obtenidos por el software H – Canales | 53 |
| Tabla 16. Resumen de los resultados del proceso de socavación hidráulica del puente Unocolla mediante el software HEC – RAS | 59 |
| Tabla 17. Tabla de cálculo del diámetro de roca para enrocado propuesto por Hec 18 | 60 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Hietograma de precipitación máxima de 24 horas | 34 |
| Figura 2. Distribución normal, variación 0.1674, significación 5% | 38 |
| Figura 3. Distribución log – normal 2 P, variación 0.1179, significación 5% | 38 |
| Figura 4. Distribución log – normal 3 P, variación 0.0940, significación 5% | 39 |
| Figura 5. Distribución Gamma 2 P, variación 0.1335, significación 5% | 39 |
| Figura 6. Distribución Gamma 3 P, variación 0.09493, significación 5% | 40 |
| Figura 7. Distribución log – Peason tipo III, variación 0.09493, significación 5% | 40 |
| Figura 8. Distribución Gumbel, variación 0.0974, significación 5% | 41 |
| Figura 9. Distribución log - Gumbel, variación 0.0764, significación 5% | 41 |
| Figura 10. Curvas de precipitación de diseño | 43 |
| Figura 11. Valores de n (Coeficiente de rugosidad) | 44 |
| Figura 12. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 2 años | 45 |
| Figura 13. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 3 años | 46 |
| Figura 14. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 5 años | 46 |
| Figura 15. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 25 años | 46 |
| Figura 16. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 50 años | 47 |
| Figura 17. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 100 años | 47 |
| Figura 18. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 250 años | 47 |
| Figura 19. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 500 años | 48 |
| Figura 20. Tirante determinado para un periodo de retorno de 2 años | 48 |
| Figura 21. Tirante determinado para un periodo de retorno de 3 años | 49 |
| Figura 22. Tirante determinado para un periodo de retorno de 5 años | 49 |
| Figura 23. Tirante determinado para un periodo de retorno de 10 años | 50 |
| Figura 24. Tirante determinado para un periodo de retorno de 25 años | 50 |
| Figura 25. Tirante determinado para un periodo de retorno de 50 años | 51 |
| Figura 26. Tirante determinado para un periodo de retorno de 100 años | 51 |
| Figura 27. Tirante determinado para un periodo de retorno de 250 años | 52 |
| Figura 28. Tirante determinado para un periodo de retorno de 500 años | 52 |

| | |
|--|----|
| Figura 29. Procesamiento de la superficie y secciones transversales (HEC – RAS) | 53 |
| Figura 30. Determinación de las secciones transversales del puente Unocolla (Aguas arriba – aguas abajo) | 54 |
| Figura 31. Determinación del perfil del sedimento en el proceso del cálculo de socavación | 54 |
| Figura 32. Introducción tipo de flujo | 55 |
| Figura 33. Introducción de caudales obtenidos en diferentes periodos de retorno | 55 |
| Figura 34. Determinación del tiempo para proceso de simulación de socavación hidráulica | 56 |
| Figura 35. Inicio del proceso de simulación de socavación hidráulica | 56 |
| Figura 36. Proceso de simulación de socavación hidráulica para un periodo de retorno de 50 años | 57 |
| Figura 37. Proceso de simulación de socavación hidráulica para un periodo de retorno de 100 años | 57 |
| Figura 38. Proceso de simulación de socavación hidráulica para un periodo de retorno de 250 años | 58 |
| Figura 39. Proceso de simulación de socavación hidráulica para un periodo de retorno de 500 años | 58 |

RESUMEN

Por lo general cuando el caudal del río aumenta, se producirá un fenómeno de socavación, en el que la subestructura del puente, ya sea estribo y/o pilares, se verá afectada, resultando en un colapso parcial o total de la estructura. Todo lo anterior es la clave para lograr nuestros objetivos de investigación, el cual es realizar una evaluación y diseño de protección contra el proceso de socavación hidráulica del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca, Puno. La población será el puente Unocolla y la muestra será una subestructura del puente. El método utilizado es descriptivo, y su diseño es experimental puro, utilizando métodos cuantitativos, en el que se describe el problema de investigación como los resultados realistas problemáticos planteados en el Puente Unocolla, el objetivo y el desarrollo integral de los resultados que se pueden obtener para que puedan responder a las preguntas planteadas, recolectar información topográfica, hidrológica y sedimentológica para recopilar para su determinación presente en efectos de socavación, producto de inspección entorno al campo que posteriormete realizo su modelamiento hidráulico con el programa (Hec-Ras). Finalmente nos muestra una alternativa de solución, se determina efectos de profundidades en socavación con referencia a pilares, determinando en el pilar 1 profundidad de socavación 1.2 m, en el pilar 2 profundidad de socavación 2.46 m, en el pilar 3 profundidad de socavación 1.2 m, en el pilar 4 profundidad de socavación 1.2m , por lo cual se propone como defensa ante fenómenos inusuales de la naturaleza el procedimiento de enrocado.

Palabras clave: Socavación, puente, modelamiento, enrocados.

ABSTRACT

Usually when the river flow increases, a scour phenomenon will occur, in which the bridge substructure, whether abutment and / or piers, will be affected, resulting in a partial or total collapse of the structure. All of the above is the key to achieving our research objectives, which is to carry out an evaluation and protection design against the hydraulic scour process of the Unocolla bridge in the city of Juliaca, Puno. The population will be the Unocolla bridge and the sample will be a substructure of the bridge. The method used is descriptive, and its design is pure experimental, using quantitative methods, in which the research problem is described as the problematic realistic results raised in the Unocolla Bridge, the objective and the comprehensive development of the results that can be obtained. So that they can answer the questions posed, collect topographic, hydrological and sedimentological information to collect for its determination present in scour effects, inspection product around the field that later made its hydraulic modeling with the program (Hec-Ras). Finally, it shows us an alternative solution, it determines the effects of scour depths with reference to pillars, determining in pillar 1 scour depth 1.2 m, in pillar 2 scour depth 2.46 m, in pillar 3 scour depth 1.2 m , in pillar 4 scour depth 1.2m, for which the rockfall procedure is proposed as a defense against unusual phenomena of nature.

Keywords : Scour, bridge, modeling, castled.

I.- INTRODUCCIÓN

En el mundo, según AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) publicado en 1994, en EEUU y el mundo gran parte de los puentes que han suscitado fallas, se debieron a la socavación que son fallas por erosión hidráulica; son raras las fallas de puentes por motivos estructurales. En Estados Unidos, Wardhana y Hadipriono realizaron un estudio de 500 puentes donde se produjeron fallas entre 1989 y el 2000 de los cuales el 53% se debieron a las avenidas y a la socavación. En el año 2003, EEUU tenía cerca de 26 500 puentes en condiciones críticas por la acción erosiva de la socavación, así como 26 890 afectados por este fenómeno (Rocha, 2014).

Por ello, en el Perú, por el Fenómeno del Niño las fallas de los puentes debido a factores hidráulicos son más altas que en otras partes del mundo, por lo que los estudios hidrológicos e hidráulicos son necesarias e importantes para prevenir dichos percances en puentes del Perú. En el año 2018 el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) hizo su última actualización del Manual de Diseño de Puentes que publicó en el año 2003, detalla aspectos estructurales de un puente y reseña brevemente los factores hidráulicos (caudal de diseño, profundidades de erosión, requisitos topográficos para el cálculo hidráulico, etc.) y aún no menciona en detalle cuáles son los métodos para realizar el cálculo de socavación. Los manuales de otros países establecen las dimensiones hidráulicas del puente tales como longitud y altura, profundidades de erosión y cuáles deben de ser los requisitos topográficos para el cálculo hidráulico (Rodríguez y Yataco, 2021). En el año de 1998, se produjo el fenómeno “El niño” en los ríos de la costa de Perú lo que ocasionó la destrucción de 68 puentes. Según informes técnicos, “ni en una guerra suscitada se podría causar tal desastre”. En el año de 1982 y 1983 en el Perú, específicamente en la costa norte 55 puentes sufrieron afecciones o fueron destruidos debido a las fuertes crecidas fluviales y con la llegada del Meganiño de los años 1997 y 1998, hubo 58 puentes en completa destrucción y 28 puentes fueron seriamente afectados, según estadísticas mundiales las fallas fueron principalmente por problemas de hidráulica fluvial y uno de los factores que influye en este problema es el fenómeno de la “socavación” (Arriola, et al., 2017).

En la Región de Puno, existen un gran número de puentes entre ellos el puente Unocolla de la ciudad de Juliaca que es motivo de análisis porque está expuesto al

proceso de socavación tanto en sus pilares de apoyo como en sus estribos, esto debido a las avenidas ocasionadas por las lluvias en el periodo diciembre - marzo. El puente Unocolla se encuentra en un estado vulnerable debido a los fenómenos naturales que se presentan año a año en la región de Puno y con el paso de los años se ve expuesta la cimentación de algunos de los cuatro pilotes la cual se ve al descubierto, de manera que la estructura del puente se ve perjudicado por el fenómeno de socavación.

En base al contexto de investigación se plantea el siguiente problema general ¿Cómo se evaluaría y realizaría el diseño de protección contra el proceso de socavación hidráulica del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca, Puno?

Las justificaciones de la investigación son las siguientes: Justificación social; los puentes interconectan las vías de comunicación, vienen a ser nexos de unión de un lugar a otro, debido al crecimiento poblacional en las grandes ciudades, las interrupciones de los puentes implicarían aislamiento de los pueblos, interrupción de los servicios de salud lo que implicaría la pérdida de vidas humanas, detención de las actividades comerciales que realizan los pobladores de la región de Puno ocasionando escasez, alza de precios y falta de los artículos de primera necesidad que son los medios de vida de la población, etc. Justificación técnica; es muy importante determinar y conocer los gastos máximos de la cuenca, determinar la velocidad de flujo, determinar la altura de socavación en pilares y estribos, proteger los lugares que están afectados por el fenómeno de socavación producto del flujo del río de manera que no ocasione daño estructural en el puente. Justificación económica; que se proyecta hacia la sociedad, el análisis y diseño de protección de estribos y pilares de puentes contribuyen a evitar fallas en las subestructuras de los puentes de manera que se asegura la libre comunicación y tránsito de la población augurando incrementos en sus ingresos económicos trasladando y realizando ventas o intercambios de productos de la zona con otras regiones, fomentando un intercambio comercial con las distintas regiones del Perú.

Los objetivos son: Objetivo General; Realizar una evaluación y diseño de protección contra el proceso de socavación hidráulica del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca, Puno. Del mismo modo, se propone los siguientes Objetivos Específicos:

Determinar la profundidad de socavación hidráulica en los pilares del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca, Puno, aplicando el método Hec - Ras. Plantear medidas hidráulicas de protección de manera que se pueda minimizar la profundidad de socavación hidráulica en los pilares del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca, Puno.

Por último, se propone una Hipótesis General: La modelación hidráulica en Hec-Ras 6.0.0 es el indicado para evaluar y determinar de forma aplicativa el proceso de socavación de los pilares de apoyo del puente Unocolla de la Ciudad de Juliaca, Puno. Asimismo, se propone las siguientes Hipótesis Específicas: La profundidad de socavación hidráulica en pilares se determina mediante la modelación hidráulica en Hec-Ras 6.00. Los enrocados (medidas hidráulicas de protección) consiguen minimizar la profundidad de socavación hidráulica en los pilares del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca, Puno.

II.- MARCO TEORICO

Con relación al, nivel nacional, estudios como los de Diego y Zerpa (2020), indican en su tesis para el título de Ingeniería Civil: Que las Inundaciones y la incidencia de socavación de puentes sobre el curso del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, en la Universidad Nacional de Huancavelica. Con el objetivo: Determinar la incidencia de las inundaciones en la socavación de puentes sobre el curso del río Ichu en la ciudad de Huancavelica. La metodología utilizada fue la del método científico.

Llegando a la conclusión que en los puentes Ascensión, Cuzco y Callqui, por donde recorre el río Ichu, esto en la ciudad de Huancavelica que se ve afectado por el efecto socavación por contracción en puentes, es determinado por el aumento del caudal máximo horario y esto determina la altura de socavación para lo cual se efectuó un modelamiento mediante el programa Hec – Ras, obteniendo los siguientes resultados, 0.77 m, 1.27 m y 0.84 m con un caudal máximo horario de 229.98 m³/s para el periodo de 50 años y 1.36 m, 2.86 m y 1.84 m con un caudal máximo de 453.39 m³/s para un periodo de retorno de 500 años de donde se deduce que conforme aumenta el caudal máximo horario existe un aumento en la altura en el fenómeno de socavación.

Enciso (2015), señala en su tesis para el título de Ingeniería Civil: Que el Estudio hidráulico y estimación de socavación en el puente interconexión Muyurina - Ayacucho, en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Con el objetivo: Fijar y desarrollar los fundamentos para la estimación de socavación máxima, estimada a partir del desarrollo de modelos determinísticos para el puente Muyurina. La metodología utilizada fue la del método científico.

Llegando a la conclusión que, el periodo de retorno indicado debe ser igual o parecido al que se utilizó en el diseño del puente, el caudal de diseño deberá considerarse 500 años de periodo de retorno, deduce de igual manera que el caudal obtenido servirá para corroborar la estabilidad en la cimentación del puente, con los periodos de retorno se estimará la profundidad del efecto de socavación. Para estimar la profundidad del efecto de socavación se utilizará el programa HEC – RAS donde admite al usuario utilizar la ecuación de HIRE o FROELICH que determina la profundidad del fenómeno de socavación al pie de estribos, dependiendo de la

relación de los valores $1/Y$ que es la relación Longitud de estribo/tirante de flujo, respetando las siguientes condiciones: cuando $1/Y > 25$ el programa Hec – Ras selecciona HIRE, cuando $1/Y < 25$ selecciona FROELICH.

Príncipe (2018), menciona en su tesis para el título de Ingeniería Civil: Que la Evaluación de los puentes con socavación ubicados en la provincia de Yungay-Ancash, en la Universidad San Pedro de Huaraz. Con el objetivo: “Evaluar los puentes con socavación ubicados en la provincia de Yungay, departamento de Ancash”. La metodología utilizada fue la del método descriptivo transversal.

Llegando a la conclusión que en el puente Tara, puente Mancos y puente Florida se hizo un modelamiento del caudal de los ríos para comprobar la profundidad del efecto de socavación donde se determinó los siguientes resultados: puente Tara 1.20 m pilar izquierdo y 1.30 m pilar derecho, puente Mancos 0.70 m estribo izquierdo, puente Florida 0.60 m estribo izquierdo. Se determinó mediante estudio de suelos y análisis de laboratorio el tipo de suelo donde se construyeron los puentes en mención y que tipo de material de arrastre ocasiona el fenómeno de socavación donde los resultados fueron los siguientes: puente Tara presenta suelo arcilloso firme cuyo es de tamaño promedio $\frac{1}{2}$ ”, puente Manco y Florida presenta suelo arcilloso blando cuyo material de arrastre es de tamaño promedio 1”.

Con relación al, nivel internacional se han encontrado estudios como el de Giraldo y Vega (2013), lo cual, indican en su tesis para el título de Ingeniería Civil: Que la Propuesta metodológica para la evaluación de la susceptibilidad y socavación de puentes apoyada en un Sistema de Información Geográfico, en la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia. Con el objetivo: Desarrollar una propuesta metodológica para la evaluación de la susceptibilidad de la socavación de los puentes de la Red Vial Nacional y su correspondiente priorización para la intervención o seguimiento apoyada en un sistema de información geográfica. También, la metodología consta de las principales tareas de inspección especial, estudios técnicos, mantenimiento y rehabilitación, complementadas con los módulos de (INVIAS, 2009).

Llegando a la conclusión que en la metodología y propuesta que realizó para mitigar el efecto de socavación hidráulica tuvo en cuenta dos metodologías a mencionar

esto a nivel nacional. La primera fue llevada a cabo por la Universidad del Cauca, donde hace un análisis exclusivo de socavaciones puntuales, de manera que prevé y realiza un formulamiento matemático para la prevención, propuesta de solución y controlar el efecto de socavación hidráulica. La segunda fue desarrollada por SIPUCOL esto a encomienda de INVIAS, la que cuenta con un capítulo exclusivo dedicado a evaluar el efecto de la socavación hidráulica.

Espinoza (2010), señala en su tesis para el título de maestro en Ingeniería Estructural: Que la Vulnerabilidad por socavación de puentes carreteros ante avenidas, en la Universidad Autónoma Metropolitana de México. Con el objetivo: “Caracterizar la influencia de diversos parámetros, para lograr posteriormente métodos de evaluación preliminar de la vulnerabilidad de puentes ante avenidas”. La metodología es descriptiva.

Llegando a la conclusión que el estudio de la socavación en puentes debe ser multidisciplinario. El proceso debe tener en cuenta la contribución del suelo, la cimentación, el agua y la estructura misma. El complemento entre las opiniones de especialistas en estructuras, suelos, comportamiento del agua, efectos de interacción, viento, etc., puede mejorar el comportamiento de puentes ante el problema de socavación. Por otra parte, es importante incrementar los estudios de campo de este problema, ya que hay poca correlación entre varias expresiones matemáticas propuestas para describir ciertas relaciones, como en la estimación de la profundidad de socavación, y el fenómeno físico en sí. También es importante incrementar las mediciones de las elevaciones máximas del agua en diferentes partes del país, para tener una mejor evaluación del problema en el momento de proyectar un puente.

Soberón (2015), menciona en su tesis para el título de Ingeniería Civil: Que el Rastreo de la crecida máxima registrada en el río Biobio, aplicado a la verificación hidráulica del puente Llacolen, región del biobio, Chile, en la Universidad de Chile. Con el objetivo: “Hacer un análisis del comportamiento hidráulico del puente Llacolén ante el evento de la crecida máxima registrada por la estación fluviométrica río Biobío en desembocadura”. Además, la metodología se refiere principalmente a

algunos textos que se relacionan directamente con alguna actividad básica requerida para este trabajo.

Llegando a la conclusión que realizando modelizaciones en los programas Hec - Ras y RiverFLO-2D los resultados de análisis y comparación son mínimos de manera que ambos modelos son aceptables para representar sistemáticamente cualquier representación de un caudal en un río, de manera que se pueden realizar proyectos para mitigar futuras avenidas que puedan ocasionar daños estructurales en un determinado puente, como se suscito en julio de 2006, el programa RiverFlo2D proporciona con más exactitud los análisis probatorios de socavación porque es un modelo bidimensional, al generar tanto medidas de velocidad y medidas de profundidad, de manera que se conoce de manera mucho más acertada el escurrimiento de los ríos de manera más detallada.

Ahora, con respecto a teorías relacionadas al tema debemos entender qué es la socavación, para ello, Tapia et al. (2012) lo definieron como “Todos los canales naturales que son erosionados por caminos en la temporada de lluvias, el proceso de erosión de los lechos de ríos aluviales o viscosos se llama socavación.”

Un puente es una obra construida con el objeto de brindar una continuidad a una vía y evitar un obstáculo, se puede apreciar en un camino, vía férrea, carretera, etc. se componen de dos partes que son la superestructura (tablero) y la infraestructura (pilares, estribos y cimientos) (Rodríguez , 2012).

La subestructura de un puente está constituida por, estribos: son apoyos que se encuentran en el extremo de un puente de lo cual transmite carga de este hacia el lote, además ayuda a poder mantener los empujes activos del lote que está adyacente, y pilares: son apoyos que se hallan localizados en la parte media reciben actitudes de tramos del puente, pudiendo trasladar cargas hacia el lote. (Rodríguez , 2012)

La socavación es un fenómeno que es causada por la acción erosiva del agua que fluye lo que hace que se remueva el material del lecho y ribera, la socavación es un problema común de la interacción suelo – estructura. La socavación de los cimientos es la causa número uno del colapso de los puentes, ocasionando

importantes interrupciones operativas y pérdidas financieras (Prendergast y Gavin, 2014).

La socavación de puentes es el proceso de eliminación de sedimentos como arena y grava alrededor de los pilares y estribos de un puente. Ocurre debido al movimiento rápido del agua, comprometiendo la estructura de un puente. La socavación puede ocurrir siempre que la base de las estructuras hidráulicas provoque una aceleración local del flujo, generando estructuras de vórtice cerca del lecho, creando gradientes de alta presión en el sedimento, existen dos tipos de socavación, socavación general y socavación local (Venkatesh, 2020).

Igualmente, la socavación general, también llamada socavación normal, incluye una disminución general en el fondo debido al aumento de sedimento transportado por el aumento del caudal (inundación). Debido al desequilibrio entre el insumo sólido que transporta el agua a una determinada parte y el material extraído, puede producirse la destrucción del fondo. Este tipo de socavación es el resultado de patrones de flujo y puede ocurrir en canales con o sin trabajo, en un corto período de tiempo durante una o más inundaciones, o en un intervalo de tiempo de varios años (Toapaxi et al., 2015).

Con relación a, la socavación local pasa gracias a estrechamientos, curvas o construcciones en el flujo de agua, lo cual conduce a un incremento en la fuerza del flujo que puede remover material del lecho del flujo de agua. Esta clase de socavación perjudica a un área reducida y se caracteriza por fuertes turbulencias acompañadas del desarrollo de remolinos y vórtices provocados por la obstrucción del canal de agua. En la investigación de socavación local, tienen la posibilidad de tener en cuenta 2 situaciones: socavación de agua limpia o socavación de lecho móvil. En la socavación en agua clara no hay transporte de sedimentos en el fondo del lecho aguas arriba, por lo cual no hay suplementos de sedimentos en el orificio socavado. Una vez que el esfuerzo cortante en el lecho es menor que el esfuerzo cortante requerido para que las partículas comiencen a moverse, alcanza el equilibrio. Por el contrario, en una socavación de lecho móvil, el sedimento se transporta desde el lecho río arriba, por lo que parte del sedimento queda atrapado en el pozo de socavación. En esta situación, una vez que la proporción de material

transportado es igual a la proporción de material removido, el desengrasado alcanza el equilibrio (Toapaxi et al., 2015).

Con respecto a la socavación local, se refiere que un traslado de su material a través de su medio de flujo es rodeado a causa de su subestructura como es: estribos, pilas, o alguna protección así sea ribereña (Guevara, 2016). Socavación local en pilas, luego de conseguir comprobar estos estudios se consigue sustraer conclusiones en la que se puede expresar que la generación de socavación relacionándose al desglose tridimensional en su flujo, aguas arriba con en relación a una pila y a su vorágine que es constante con base a ésta (Dargahi, 1990). También, la socavación local en estribos es donde se tiene menor indagación que en la de pilares, por la que se estima que llega a afectar a los fenómenos similares que ocasionan su socavación local en pilas, como por ejemplo desunión de su flujo, vorágines de herradura que logran mover partículas en su mismo sitio. La socavación en estribos necesita de un más grande análisis debido a que no se determinan resoluciones enteras, y paralelamente confiables. (Farias et al., 2012) .

Según Guevara (2016), las causas que logran alterar su socavación en pilas son: la longitud, ancho de pila, ángulo de ataque de su flujo, la forma de la pila, profundidad de su flujo, estratificación de su suelo y con referencia a su velocidad de flujo.

La clasificación de efectos, son efectos por socavación general y efectos por socavación local. En los efectos de socavación general así sea por degradación, una vez que existe dichas variaciones generalizadas en sus perfiles longitudinales del cauce del río, agradacion, es lo contrario ya que con respecto a la degradación existe un aumento progresivo de su perfil longitudinal en el cauce del río (Ochoa, 2011) . Los efectos de socavación local son dados por socavación en pilas, que es un declive de lecho con respecto a un río, producto de su flujo que remociona el material que son sedimentos que rodean el pilar, en tanto que socavacion en estribo, que es declive de lecho en un río producto de su flujo que remociona a su material, sedimentos rodeados por apoyos externos a su puente (Guevara, 2016).

III.- METODOLOGÍA

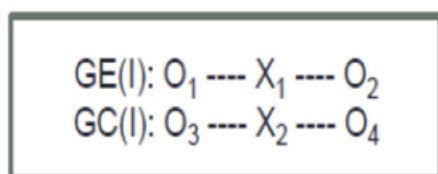
3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación:

Según la finalidad, es aplicada porque busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática (Borja, 2012).

Diseño de investigación:

En cuanto al, diseño de averiguación es experimental puro, debido a que administra estímulos o procedimiento en experimentos puros con 2 o más cambiantes de comparación puesto que se simulará el proceso de socavación en pilares y se buscará alternativas de protección.



GE: grupo experimental

GC: grupo control

X₁ : aplicación de variable independiente

X₂ : placebo (tratamiento convencional)

O₁ O₃ : pretest

O₂ O₄ : posttest

Enfoque de investigación:

En cuanto al, enfoque de averiguación es cuantitativo, debido a que se realizará una recolección y estudio de datos con lo cual se va a poder responder las preguntas de indagación y probar las conjeturas en relación a la socavación en pilares y estribos.

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable cuantitativa I:

Evaluación y diseño de protección: Se evalúa plantear medidas de protección con el fin de minimizar la socavación general, de contracción y local localizados en los pilares del puente mediante enrocados (Condori, 2018).

Variable cuantitativa II:

Proceso de socavación hidráulica: Los componentes que influyen en la socavación hidráulica general y local de los pilares y estribos de un puente en un flujo de agua son de procedencia hidrológica, hidráulica, geomorfológica y sedimentológico (Toapaxi et al., 2015).

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

Población:

La población de estudio es el puente Unocolla de la ciudad de Juliaca departamento de Puno.

Muestra:

La muestra de estudio es el puente Unocolla de la ciudad de Juliaca departamento de Puno.

Muestreo:

El muestreo a realizar es el estratificado simple.

Unidad de análisis:

Subestructura del Puente, Estribos y Pilares del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

En cuanto a, este informe de investigación se usó la técnica de la observación participante y/o no participante y la de sistematización bibliográfica la cual se basa en hacer un registro visual del estado del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca, Puno, ante los efectos de la socavación.

Tabla 1. Técnicas e Instrumentos

| TÉCNICA | INSTRUMENTO |
|-------------------------------|---------------------|
| Observación | Guía de observación |
| Sistematización Bibliográfica | Fichas de trabajo |

Guía de observación

Es el instrumento que ayuda a registrar los datos obtenidos en laboratorio, con el propósito de recopilar datos necesarios en campo.

Fichas de trabajo

Es el instrumento donde se presenta el proceso que se sigue para realizar el trabajo de investigación.

3.5.Procedimientos:

Primero. Se hará una visita al puente Unocolla ubicado en la ciudad de Juliaca, geográficamente se localiza en las coordenadas UTM E-397340, N-8278963 3,827, y a una altitud de 3,827 m.s.n.m. El puente Unocolla es área de drenaje del río Coata. Se determina la sub cuenca Medio Bajo Coata, con la finalidad de visualizar el estado actual del puente, el estado físico de la estructura y subestructura del puente en mención e iniciar con el proceso de investigación.

Segundo. Se procederá a realizar una recolección y análisis de datos, tales como información batimétrica y geométrica mediante la ejecución de un levantamiento topográfico para hacer el análisis hidráulico, obedeciendo las instrucciones del (MTC, 2016), normado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, donde sugiere: En ríos con amplias llanuras de inundación, donde el puente genere contracción del flujo de avenida, el levantamiento abarcara 12 veces el ancho del cauce primordial aguas arriba del eje planteado y 6 veces hacia aguas debajo en nuestro caso se va a hacer un levantamiento topográfico de 200 m aguas arriba y 200 m aguas debajo, respetando la ordenanza que no debería ser menor a 150 m aguas arriba y 150 m aguas debajo. En los planos de topografía se indicarán, los límites de las llanuras de inundación, los tirantes mínimos y máximos, los dos definidos según pruebas encontradas en campo y se debe colocar también los niveles de agua encontrados durante el trabajo de campo, se utilizó una estación total Topcom, GPS y 03 prismas.

Tercero. Se procederá a realizar estudios de suelo, con la finalidad de determinar en qué nivel se encuentra el área de estudio mediante la elaboración de 3 calicatas,

2 calicatas se realizarán en el eje del puente cercanos a los apoyos, en el eje medio del puente se realizará otra, se tomará las muestras respectivas para su siguiente estudio en un laboratorio de suelos y se determinará la exploración granulométrica del flujo de agua respectivamente, peso específico, se tendrá que tomar muestras que corresponden en concordancia con los especialistas de Geología y Geotecnia. (estribos).

Cuarto. Para la información hidrológica, se tomará como referencia la información proporcionada por Senamhi – Puno, se realizará una caracterización hidrológica de la cuenca, con base a la decisión de las propiedades de contestación lluvia – escorrentía. Se realizará estimación de los caudales máximos para diferentes periodos de retorno y según diversos procedimientos probabilísticos. Se determinará las propiedades físicas del cauce incluyendo la pendiente del cauce en el tramo de análisis, diámetro medio del material del lecho tomado de numerosas muestras del cauce, coeficientes de rugosidad tomando en cuenta la existencia o no de vegetación. Se determinará las propiedades hidráulicas del flujo, como por ejemplo la rapidez media, ancho superficial, área de flujo cuyos valores son necesarios para la decisión de la hondura de socavación.

Quinto. Se realizará trabajo de gabinete, que radicará en exportar los datos obtenidos en campo y laboratorio para constatar los daños efectuados en pilares. Se usará el programa Hec – Ras 6.0.0 Beta 3, para introducir la diversa información obtenida en campo y realizar modelamientos que determinarán las profundidades de socavación en pilares, posterior a los resultados obtenidos se brindará una alternativa de protección al problema de socavación.

3.6. Método de análisis de datos:

El método de análisis viene a ser descriptivo ya que se recopilará información de datos mediante apuntes y se procesará mediante softwares.

- Para la determinación del área de la subcuenca medio bajo coata, se utilizará el programa Arcgis.

- Para realizar análisis del proceso de socavación hidráulica, se realizará una evaluación de los valores extremo máximos con ayuda del programa Hidroesta 2 y posteriormente se determinará los caudales extremos con ayuda del programa HEC – HMS.
- Para el procesamiento de las curvas de niveles que fue registrado por la estación total usaremos el programa Autocad Civil 3d 2019.
- Para la realización de planos Autocad 2019.
- Para la realización de cálculos y obtener la granulometría del suelo en estudio, se utilizará el programa Microsoft Excel 2016.
- Para la realización del modelamiento del proceso de socavación se usará el programa HEC – RAS 6.0.0 Beta 3.

3.7.Aspectos éticos:

Durante la elaboración de este informe de averiguación se estableció un comportamiento ético, determinante para hacer un proceso de averiguación completo y responsable, por lo cual el investigador no altero ni modificó la información que se puede obtener en el proceso anterior. El investigador prometió tener Responsabilidad Social, trabajo honesto, sin llegar a contribuir con los efectos de la contaminación ambiental.

V.- RESULTADOS

Tabla 2. *Parámetros geomorfológicos de la subcuenca*

| Datos generales de la cuenca | | |
|----------------------------------|--------------|--------------------|
| Nombre de la cuenca | | |
| Area total de la cuenca (A) | 314.53 | Km ² |
| Perimetro total de la cuenca (P) | 129.08 | Km |
| Long. Cauce prinpal (Lc) | 34.62 | Km |
| Long. Comentes de la cuenca (Li) | | Km |
| Altitud maxima | 4200 | m.s.n.m. |
| Altitud minima | 3800 | m.s.n.m. |
| Forma de la cuenca | | |
| Ancho promedio (Ap) | 9.09 | Km |
| Indice de compacidad (Lc) | 2.052 | |
| Factor de forma (Ff) | 0.262 | |
| Grado de ramificacion | Octavo (7mo) | Grado |
| Densidad de drenaje | 0.0000 | Km/Km ² |
| Pendiente promedio (S m/m) | 0.0226 | |

Fuente. *Elaboracion propia*

Tabla 3. *Resumen de datos obtenidos para cada periodo de retorno para realizar modelamiento con software HEC – RAS*

| Periodo retorno (T) | Q (m3/seg) | Tirante (y) | Velocidad (v) | Nro. Froude |
|---------------------|------------|-------------|---------------|-------------|
| 2 | 231.50 | 0.8990 | 2.0103 | 0.6772 |
| 3 | 257.40 | 0.9584 | 2.0966 | 0.6840 |
| 5 | 289.90 | 1.0297 | 2.1978 | 0.6918 |
| 10 | 336.80 | 1.1272 | 2.3322 | 0.7017 |
| 25 | 407.80 | 1.2652 | 2.5155 | 0.7144 |
| 50 | 470.20 | 1.3789 | 2.6611 | 0.7240 |
| 100 | 541.70 | 1.5021 | 2.8140 | 0.7335 |
| 250 | 647.90 | 1.6739 | 3.0197 | 0.7457 |
| 500 | 751.10 | 1.8307 | 3.2005 | 0.7558 |

Fuente. *Elaboracion propia*

Se realizó un reconocimiento del área de terreno a evaluar tales como: Ubicación geográfica de la cuenca, estado físico de la estructura y subestructura. Recolección de datos topográficos obteniendo la topografía del río, curvas de nivel, para la obtención de la topografía del lecho del río, se realizó un levantamiento topográfico de 200 m aguas arriba y 200 m aguas abajo, obedeciendo las indicaciones del Manual de Puentes, donde se hizo una comparación de secciones transversales cada 20 m para verificar si el cauce es estable aguas arriba y aguas abajo. Datos sedimentológicos, ver anexo 7, obtenidos mediante la elaboración de 3 calicatas de 2.50 m de profundidad, tomándose en cuenta la calicata del pilar más crítico, compuesta por partículas diversas arenas, limos, de la estratigrafía presente en el lecho del río Unocolla, dando por resultado que el suelo del tipo GP (Grava mal graduada, mezcla de arena – grava con poca cantidad de material fino). Datos hidrológicos ver anexo 6, como precipitaciones máximas de avenidas para el diseño las cuáles se calculó con un registro de precipitaciones máximas en 24 horas proporcionadas por SENAMHI , el caudal de diseño se consideró a 500 años de periodo de retorno, obteniéndose un caudal de 751.1 m/s, tirante del flujo de 1.8307 m , Número de Froude de 0.7558, Velocidad de 3.2 m/s con éstos datos se estimará la profundidad del efecto de socavación (ver tabla 2 y 3)

Tabla 4 Datos de la profundidad de socavación máxima según Hec – Ras

| Socavacion en los pilares (Puente Unocolla Metodo Hec-Ras) | | |
|---|--------|--|
| K1 | 1.10 | Factor de forma del pilar |
| K2 | 1.00 | Factor del angulo de ataque |
| K3 | 1.10 | Factor de corrección por rugosidad del fondo |
| K4 | 0.50 | Factor de corrección por gradacion de materiales (acorazamiento) |
| B | 0.5 m | Ancho del pilar |
| L | 6.4 m | Largo del pilar |
| D50 | 0.01mm | |
| D95 | 0.04mm | |

Fuente. Elaboracion propia

Tabla 5 Cálculo de la profundidad de socavación máxima según Hec – Ras

| Socavacion de pilares Punete Unocolla | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| tr | yn | Q | V(m/s) | F | P1 Ys (m) | P2 Ys (m) | P3 Ys (m) | P4 Ys (m) |
| 500 | 1.8307 | 751.1 | 3.2005 | 0.7558 | 1.200 | 2.460 | 1.200 | 1.200 |
| 250 | 1.6739 | 647.90 | 3.0197 | 0.7457 | 1.160 | 2.370 | 1.160 | 1.160 |
| 100 | 1.5021 | 541.70 | 2.8140 | 0.7335 | 1.110 | 2.270 | 1.110 | 1.110 |
| 50 | 1.3789 | 470.20 | 2.6611 | 0.7240 | 1.070 | 2.190 | 1.070 | 1.070 |
| 25 | 1.2652 | 407.60 | 2.5155 | 0.7144 | 1.025 | 2.095 | 1.025 | 1.025 |
| 10 | 1.1272 | 336.80 | 2.3322 | 0.7017 | 0.981 | 2.004 | 0.981 | 0.981 |
| 5 | 1.0297 | 289.90 | 2.1978 | 0.6918 | 0.937 | 1.913 | 0.937 | 0.937 |
| 3 | 0.9584 | 257.40 | 2.0966 | 0.6840 | 0.893 | 1.822 | 0.893 | 0.893 |
| 2 | 0.8990 | 231.50 | 2.0103 | 0.6772 | 0.849 | 1.731 | 0.849 | 0.849 |

Fuente. Elaboracion propia

Para establecer la hondura de socavación se hizo un modelado hidráulico en el programa HEC-RAS seleccionado para lograr calcular todos los límites necesarios. El comentado programa no solo establece los parámetros necesarios. Primero, ingrese el elemento de datos geométricos, en el cual está establecido la conectividad en el sistema fluvial, y se representa por medio de un gráfico, donde el eje del flujo de agua se representa durante la dirección positiva del flujo. El diseño del puente se inserta manualmente en HEC-RAS pues solo corresponde a su alineación y no a sus elementos geométricos. No obstante, en la interfaz "Puentes y Curvas" del elemento de datos geométricos HEC-RAS, tenemos la posibilidad de descubrir cada una de las posibilidades elementales para lograr caracterizar fácilmente tableros de puentes, pilares y estribos. Se puede determinar mediante el método HEC-RAS que la erosión de es 1.200 m en el primer pilar, 2.460 en el segundo pilar, 1.200m en el tercer pilar y 1.200 en el cuarto pilar, cuanto mayor es el período de retorno, más profunda es la socavación local de la columna (Ver tabla 4 y tabla 5).

Tabla 6 Resultados del cálculo de la profundidad de socavación en el pilar crítico

| Tr | V (m/s) | D50 |
|----|---------|------|
| 50 | 2.66 | 0.35 |

Fuente. Elaboración propia.

El situar enrocados cerca de los pilares es la elección que más reduce la hondura de socavación local. Se sitúa el enrocado por lo menos 2 veces el ancho de la pila. En caso de continuar presentando socavación debería reponerse las piedras. El espesor mínimo del enrocado es 3 veces el diámetro D50 de la piedra. La iniciativa de enrocado ayuda a reducir el proceso de socavación (Ver tabla 6).

La medida más alta de la piedra no debería exceder el doble del tamaño D50 promedio del material. Tomando como alusión a las magnitudes del procedimiento Hec-18 (1993). El diámetro promedio de la piedra es de 0.35 centímetros.. El método se basa en excavar 120 cm en el lecho del flujo de agua, que es un poco más de 3 veces el diámetro de la piedra, no habrá un compactado especial, solo el tránsito de la maquinaria pesada, y siendo según especificaciones técnicas el enrocado a de ser mínimo 2 veces el ancho de la pila, se bordeará la pila a 1.5 m. ver Anexo 8 y plano Nro. 5.

V.- DISCUSIÓN

Según la tabla N° 2 y tabla N° 3, se realizó un reconocimiento del área de terreno a evaluar tales como: Ubicación geográfica de la cuenca, estado físico de la estructura y subestructura. Recolección de datos topográficos obteniendo la topografía del río, curvas de nivel, para la realización de la topografía del lecho del flujo de agua se hizo un levantamiento topográfico de 200 m aguas arriba y 200 m aguas abajo, obedeciendo las indicaciones del Manual de Puentes, donde se hizo una comparación de secciones transversales cada 20 m para verificar si el cauce es estable aguas arriba y aguas abajo, se obtuvo los. Datos sedimentológicos anexo... Obtenidos mediante la elaboración de 3 calicatas de 2.50 m de profundidad, tomándose en cuenta la calicata del pilar más crítico, compuesta por partículas diversas arenas, limos, de la estratigrafía presente en el lecho del río Unocolla, dando por resultado que el suelo del tipo GP (Grava mal graduada, mezcla de arena – grava con poca cantidad de material fino). Datos hidrológicos como precipitaciones máximas de avenidas para el diseño las cuáles se calculó con un registro de precipitaciones máximas en 24 horas proporcionadas por SENAMHI, el caudal de diseño se consideró a 500 años de periodo de retorno, obteniéndose un caudal de 751.1 m/s, tirante del flujo de 1.8307 m , Número de Froude de 0.7558, Velocidad de 3.2 m/s con éstos datos se estimará la profundidad del efecto de socavación, concordando con (Enciso, 2015), quien indica que el periodo de retorno indicado debe ser igual o parecido al que se utilizó en el diseño del puente, el caudal de diseño deberá considerarse 500 años de periodo de retorno, deduce de igual manera que el caudal obtenido servirá para corroborar la estabilidad en la cimentación del puente, con los periodos de retorno se estimará la profundidad del efecto de socavación y (Espinoza, 2010) que indica que el estudio de la socavación en puentes debe ser multidisciplinario. El proceso debe tener en cuenta la contribución del suelo, la cimentación, el agua y la estructura misma. El complemento entre las opiniones de especialistas en estructuras, suelos, comportamiento del agua, efectos de interacción, viento, etc., puede mejorar el comportamiento de puentes ante el problema de socavación. Por otra parte, es importante incrementar los estudios de campo de este problema, ya que hay poca

correlación entre varias expresiones matemáticas propuestas para describir ciertas relaciones, como en la estimación de la profundidad de socavación, y el fenómeno físico en sí. También es importante incrementar las mediciones de las elevaciones máximas del agua en diferentes partes del país, para tener una mejor evaluación del problema en el momento de proyectar un puente.

El cual es viable debido al realizar una evaluación, se determinó los caudales para cada periodo de retorno a lo que se consideró que el adecuado es de 500 años, obteniéndose un caudal de 751.10 m/s, tirante del flujo de 1.8307 m, Número de Froude de 0.7558.

La metodología empleada en la evaluación y diseño de protección contra la socavación hidráulica del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca es la adecuada debido a que permitió determinar una evaluación batimétrica y geométrica, un análisis granulométrico, un análisis hidrológico y poder evaluar la socavación hidráulica en el puente mencionado.

Según la tabla N° 4 y tabla N°5, para establecer la profundidad de socavación se llevó a cabo un modelado hidráulico en el programa HEC-RAS seleccionado para poder calcular todos los parámetros necesarios. Componentes de datos geométricos de entrada, en los que la conectividad se establece en el sistema fluvial y se representa mediante un gráfico, donde el eje del río se representa a lo largo de la dirección positiva del flujo. El diseño del puente se inserta manualmente en HEC-RAS porque solo corresponde a su alineación y no a sus elementos geométricos. No obstante, en la interfaz "Puentes y Curvas" del elemento de datos geométricos HEC-RAS, tenemos la posibilidad de descubrir cada una de las posibilidades primordiales para lograr caracterizar de forma sencilla tableros de puentes, pilares y estribos. Se hizo decidir que la socavación en pilas por el procedimiento HEC – RAS es de 1.200 m en el primer pilar, 2.460 en el segundo pilar, 1.200 en el tercer pilar y 1.200 en el cuarto pilar al simular la socavación local en el programa HEC – RAS, con caudales máximos de diseño para diferentes ciclos de retorno, se hace a medida que más años de ciclos de retorno la hondura de socavación local en el pilar va a ser más profundo. Concordando con (Soberón,

2015) quien indica que al realizar modelizaciones en los programas Hec -Ras y RiverFLO-2D los resultados de análisis y comparación son mínimos de manera que ambos modelos son aceptables para representar sistemáticamente cualquier representación de un caudal en un río, de manera que se pueden realizar proyectos para mitigar futuras avenidas que puedan ocasionar daños estructurales en un determinado puente.

El cual es viable debido que al realizar modelamientos en HEC – RAS los resultados son óptimos para poder representar sistemáticamente cualquier representación del caudal de un río, de manera que se pueden realizar proyectos para mitigar futuras avenidas y no puedan ocasionar daños materiales y estructurales en un puente.

La metodología empleada es la adecuada porque se logró determinar que existe socavación en los pilares por la velocidad del río lo cual puede ocasionar inestabilidad en los pilares y a futuro ocasionar desmoronamiento del puente en análisis.

Según la tabla N° 6, el poner enrocados cerca de los pilares es la opción que más reduce la hondura de socavación local. Se sitúa el enrocado por lo menos 2 veces el ancho de la pila. El espesor mínimo del enrocado es 3 veces el diámetro D50 de la piedra. La propuesta de enrocado ayuda a disminuir el proceso de socavación. Por lo tanto, la magnitud más alta de la piedra no debería exceder el doble del tamaño D50 promedio del material. Refiérase a las magnitudes del procedimiento Hec-18 (1993) además, el diámetro promedio de la piedra es de 35 centímetros. El método se basa en excavar 120 centímetros en el lecho del flujo de agua, que es 3 veces el diámetro de la piedra del Anexo 8. Concordando con (Giraldo, y otros, 2013), quien indica que en la metodología y propuesta que realizó para mitigar el efecto de socavación hidráulica tuvo en cuenta dos metodologías a mencionar esto a nivel nacional. La primera fue desarrollada por Universidad del Cauca donde hace un análisis exclusivo de socavaciones puntuales, de manera que prevé y realiza un formulamiento matemático para la prevención, propuesta de solución y controlar el efecto de socavación hidráulica.

El cual es viable debido a que, al colocar enrocados alrededor de los pilares bajo el efecto del fenómeno de la socavación hidráulica, disminuye la profundidad que ocasiona la erosión de la socavación, es la más adecuada y menos costosa.

La metodología empleada es la adecuada porque se va a mitigar el fenómeno de la socavación hidráulica por la velocidad del río.

VI.- CONCLUSIONES

1. Al efectuar evaluaciones y registrar la situación presente del puente, se distinguió las condiciones que indican fallas potenciales como el fenómeno de socavación y se definirá a tiempo las medidas correctivas, a lo que se concluye que el caudal de diseño apropiado es tomando como referencia un periodo de retorno de 500 años, a lo que se obtuvo un caudal de 751.1 m/s, tirante del flujo de 1.8307, número de Froude 0.7558, velocidad de 3.2m/s, con dichos datos establecidos se estimará la profundidad del efecto de socavación hidráulica.
2. Al aplicar el método de HEC - RAS se estableció la profundidad de socavación hidráulica en los pilares del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca, Puno, dando como resultados las profundidades de socavación en los cuatro pilares que componen el puente unocolla a lo que tomando como referencia el periodo de retorno de 500 años se dedujo que a más años de periodo de retorno más profunda es la socavación en dicho puente obteniendo los siguientes resultados, la socavación en el primer pilar es de 1.200 m, en el segundo pilar es de 2.460 m, en el tercer pilar es de 1.200 m y en el cuarto pilar es de 1.200 m.
3. La alternativa que se propone y disminuirá la profundidad de socavación local es la de colocar enrocados alrededor de los pilares. Haciendo los cálculos correspondientes se determinó que el tamaño promedio de piedra es de 0.35 m a lo que se excavará 120 cm, que es un poco más de 3 veces el diámetro de la roca, siendo el ancho de la pila 0.50 m se colocará el enrocado 1.50 m alrededor de la pila siendo las especificaciones mínimo 2 veces el ancho de la pila.

VII.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda a futuros tesisistas a profundizar mucho más el estudio de evaluación y diseño de protección contra el proceso de socavación en puentes, ya que viene a ser un tema muy extenso y primordial ya que el colapso de un puente puede ocasionar pérdidas económicas e incomunicación.
- Se recomienda evaluar las profundidades de socavación hidráulica con más metodologías tradicionales y comparar con más modelos hidráulicos bidimensionales (HEC RAS e IBER).
- Se recomienda realizar revisiones periódicas de las estructuras de un puente para evaluarlas y poder realizar simulaciones de protección contra el proceso de socavación en pilares mediante otros métodos.
- Al simular la socavación local en el programa HEC – RAS, con caudales máximos de diseño para diferentes ciclos de retorno, se adquiere que a medida que más años de ciclos de retorno la hondura de socavación local en el pilar va a ser más profundo.

REFERENCIAS

- Arriola, Guillermo, y otros. 2017.** *Influencia del proceso de acorazamiento en la socavación de los pilares del puente Reque*. [En línea] 2017. [Citado el: 11 de Julio de 2021.] Disponible en: <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/730>.
- Borja, M. 2012.** *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Lima : s.n., 2012.
- Condori, W. 2018.** *Análisis y alternativas de protección contra la socavación en los puentes Central y Ramaná de la localidad de Putina*. Juliaca : Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2018.
- Dargahi, B. 1990.** *Controlling Mechanism of Local Scour*. s.l. : Journal of Hydraulic Engineering ASCE, 1990.
- Diego, R y Zerpa, K. 2020.** *Inundaciones y la incidencia de socavación de puentes sobre el curso del río Ichu en la ciudad de Huancavelica*. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2020.
- Enciso, P. 2015.** *Estudio hidráulico y estimación de socavación en el Puente Interconexión Muyurina - Ayacucho*. s.l. : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2015.
- Espinoza, D. 2010.** *Vulnerabilidad por socavación de puentes carreteros ante avenidas*. México : Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, 2010.
- Farias, H, y otros. 2012.** *Socavación local en pilas de puentes: Formulación General y Análisis crítico de metodologías existentes*. [En línea] 2012. [Citado el: 20 de setiembre de 2021.] Disponible en: irh-fce.unse.edu.a.
- Giraldo, G y Vega, D. 2013.** *Propuesta metodológica para la evaluación de la susceptibilidad y socavación de puentes apoyada en un Sistema de Información Geográfico*. Bogotá - Colombia : Pontificia Universidad Javeriana , 2013.

Guevara, M. 2016. *Socavación en puentes*. Cauca, Colombia : Lemoine Editores y Editorial, 2016. ISBN: 9789585903548.

MTC. 2016. *Manual de puentes*. 2016.

Ochoa, T. 2011. *Hidrología Hidráulica y socavación en puentes*. s.l. : ECOE EDICIONES, 2011. 978-958-771-434-0.

Prendergast, L.J. y Gavin, K. 2014. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. [En línea] 26 de febrero de 2014. [Citado el: 20 de julio de 2021.] Disponible en: www.rockgeotech.org.

Príncipe, J. 2018. *Evaluación de los puentes con socavación ubicados en la provincia de Yungay - Ancash*. Huaraz : Universidad San Pedro, 2018.

Rocha, Arturo. 2014. *Erosión en pilares y estribos de puentes*. [En línea] mayo de 2014. [Citado el: 10 de julio de 2021.] Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/315737339>.

Rodríguez , Arturo. 2012. *Puentes*. [En línea] 2012. [Citado el: 10 de julio de 2021.] <http://es.slideshare.net/valerianito/puentes-lrfd-ing-arturo-rodríguez>.

Rodríguez, Rubén y Yataco , Geraldine. 2021. *Comparación de los modelos numéricos 1D y 2D en el análisis de socavación total en el puente Huallaga*. Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021.

Soberón, A. 2015. *Rastreo de la crecida máxima registrada en el río Biobio, aplicado a la verificación hidráulica del puente Llacolen, región del Biobio, Chile*. Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2015.

Tapia, G, y otros. 2012. *Metodología para la medición de la velocidad de flujo en un río en el diagnóstico de la socavación en pilas de un puente, utilizando un dispositivo electrónico*. México : Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Instituto Mexicano del Transporte, 2012. Publicación Técnica No 356.

Toapaxi, J, y otros. 2015. *Análisis de la socavación en cauces naturales*. Quito : Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Ecuador, 2015.

Venkatesh, Arumugasamy. 2020. *Scour Around the Bridge Structure-Review*. [En línea] 18 de marzo de 2020. [Citado el: 20 de julio de 2021.] Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/339999269>.

ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autor)

ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autor)

Yo Néstor Almonte Pilco, alumno de la Facultad / Escuela de posgrado Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional / Programa académico Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Callao, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado "Evaluación y diseño de protección contra el proceso de socavación hidráulica del puente Unocolla de la ciudad de Juliaca, Puno", son:

1. De mi autoría.
2. El presente Trabajo de Investigación / Tesis no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El trabajo de Investigación / Tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente Trabajo de Investigación / Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Callao, 10 de octubre del 2021



Almonte Pilco Néstor

DNI: 44433820

ANEXO 2:Declaratoria de autenticidad (asesor)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO


Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA, docente de la Facultad de ingeniería y arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería civil de la Universidad César Vallejo Sede Callao, asesor (a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CUIDAD DE JULIACA, PUNO" del autor ALMONTE PILCO NESTOR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 29% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Callao, 13 de octubre del 2021.

| | |
|--|--|
| Apellidos y Nombres del Asesor: De La Cruz Vega Sleyther Arturo | |
| DNI 70407573 | Firma  |
| ORCID 0000-0003-0254-301X | |



ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variable

| VARIABLES DE ESTUDIO | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSION | INDICADORES | ESCALA DE MEDICION |
|---|--|--|--|--|--------------------|
| Variable cuantitativa 1: Evaluación y diseño de protección | Según Condori (2018), Se evalúa plantear medidas con el fin de minimizar la socavación general, de contracción y local en los pilares del puente mediante enrocados. | Es la obtención de aquellos parámetros geomorfológicos de la subcuenca en estudio, tales como datos hidrológicos, datos hidráulicos, datos geomorfológicos y datos sedimentológicos. | D1: Subestructura del puente D2: Parámetros del río | I1: Pilares del puente I2: Parámetros hidrológicos, geomorfológicos y sedimentológicos. | Valor – Razón |
| Variable cuantitativa 2: Proceso de socavación hidráulica | Según Toapaxi, et al.,(2015), Los componentes que influyen en la socavación hidráulica local de los pilares de un puente en un flujo de agua son de procedencia hidrológica, hidráulica, geomorfológica y sedimentológica. | Es establecer la profundidad de socavación mediante el modelamiento hidráulico a través del programa Hec – Ras. | D1: Socavación en pilares | I1: Profundidad de socavación en pilares | Valor – Razón |

ANEXO 4: Estudio hidrológico

La información hidrometeorológica obtenida para para el presente informe de investigación fue proporcionada por SENAMHI – D.R. Puno, mediante una solicitud enviada por el tesista al Director de SENAMHI – D.R. Puno. El área de estudio es una subcuenca del río Lampa (sub cuenca Medio Bajo Coata).

Area de la sub cuenca $A = 314.53 \text{ Km}^2$

Perímetro de la subcuenca $P = 129.08 \text{ Km}$

Longitud del cauce principal $L_c = 34.62 \text{ Km}$

Cota máxima de la subcuenca 4200 m.s.n.m.

Cota mínima de la subcuenca 3800 m.s.n.m.

FACTOR DE FORMA DE LA SUBCUENCA:

Según fórmula Ancho promedio de la cuenca:

$$Ap = \frac{A}{L_c}$$

$$Ap = 9.09 \text{ km}$$

Según fórmula Factor de forma de la cuenca:

$$F_f = \frac{Ap}{L_c}$$

$$F_f = 0.262$$

INDICE DE COMPACIDAD DE LA CUENCA:

Según fórmula:

$$Ic = 0.2821 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$Ic = 2.052$$

GRADO DE RAMIFICACIÓN 8vo grado.

PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Según criterio de Justin por fórmula

$$S_c = \frac{(C_{Max} - C_{Min})}{A^{0.5}}$$

Dónde:

C máx : Cota del punto más alto.

C mín : Cota del punto más bajo.

$$S_c = 0.0226$$

Tabla 6. Resumen Datos Generales de la Cuenca

| Datos generales de la cuenca | | |
|------------------------------------|--------------|----------|
| Nombre de la cuenca | | |
| Area Total de la Cuenca (A) | 314.53 | km2 |
| Perimetro Total de la Cuenca (P) | 129.08 | Km |
| Long. Cauce principal (Lc) | 34.62 | Km |
| Long. Corrientes de la cuenca (Li) | | Km |
| Altitud Maxima | 4200 | m.s.n.m. |
| Altitud Minima | 3800 | m.s.n.m. |
| Forma de la cuenca | | |
| Ancho Promedio (Ap) | 9.09 | Km |
| Indice de Compacidad (Ic) | 2.052 | |
| Factor de Forma (Ff) | 0.262 | |
| Sistema de drenaje | | |
| Grado de Ramificación | Octavo (7mo) | grado |
| Densidad de Drenaje | 0.0000 | Km/Km2 |
| PENDIENTE PROMEDIO (S m/m) | 0.0226 | km2 |

Fuente: Elaboracion propia

ANÁLISIS DE MÁXIMA AVENIDA

Para realizar análisis del proceso de socavación hidráulica, se realizará una evaluación de los valores extremo máximos con ayuda del programa Hidroesta 2 y posteriormente se determinará los caudales extremos con ayuda del programa HEC – HMS.

PRECIPITACIÓN FLUVIAL

La precipitación dentro de la subcuenca medio bajo coata se solicito a SENAMHI D.R. – PUNO, dónde a un año hidrológico corresponde las precipitaciones máximas mensuales, las cuales están conformadas por las precipitaciones máximas en 24 horas.

Tabla 7. *Cálculo de Intensidad máxima para frecuencias de ocurrencia y duración de la tormenta*

| NUMERO m | AÑO | PRECIPITACION MAX EN 24 H | INTENSIDAD MM/H | OCURENCIA m(n+1) |
|----------|------|------------------------------|--------------------|---------------------|
| 1 | 1980 | 40.00 | 11.61 | 0.034 |
| 2 | 1981 | 49.00 | 13.86 | 0.069 |
| 3 | 1982 | 64.00 | 17.51 | 0.103 |
| 4 | 1983 | 24.50 | 7.56 | 0.138 |
| 5 | 1984 | 50.40 | 14.21 | 0.172 |
| 6 | 1985 | 48.30 | 13.69 | 0.207 |
| 7 | 1986 | 37.00 | 10.84 | 0.241 |
| 8 | 1987 | 36.60 | 10.74 | 0.276 |
| 9 | 1988 | 35.70 | 10.51 | 0.310 |
| 10 | 1989 | 22.20 | 6.93 | 0.345 |
| 11 | 1990 | 30.30 | 9.10 | 0.379 |
| 12 | 1991 | 28.80 | 8.71 | 0.414 |
| 13 | 1992 | 39.30 | 11.43 | 0.448 |
| 14 | 1993 | 29.90 | 9.00 | 0.483 |
| 15 | 1994 | 35.20 | 10.38 | 0.517 |
| 16 | 1995 | 24.70 | 7.61 | 0.552 |
| 17 | 1996 | 42.70 | 12.29 | 0.586 |
| 18 | 1997 | 34.40 | 9.39 | 0.621 |
| 19 | 1998 | 32.70 | 9.76 | 0.655 |

| | | | | |
|----------------------|------|----------------|---------------|-------|
| 20 | 1999 | 32.80 | 9.73 | 0.690 |
| 21 | 2000 | 33.40 | 9.91 | 0.724 |
| 22 | 2001 | 28.10 | 8.52 | 0.759 |
| 23 | 2002 | 36.90 | 10.82 | 0.793 |
| 24 | 2003 | 36.70 | 10.77 | 0.828 |
| 25 | 2004 | 43.80 | 12.57 | 0.862 |
| 26 | 2005 | 49.60 | 14.01 | 0.897 |
| 27 | 2006 | 27.10 | 8.26 | 0.931 |
| 28 | 2007 | 35.60 | 10.48 | 0.966 |
| 29 | 2008 | 34.70 | 10.25 | 1.000 |
| 30 | 2009 | 54.70 | 15.26 | 1.034 |
| 31 | 2010 | 25.60 | 7.86 | 1.069 |
| 32 | 2011 | 33.70 | 9.99 | 1.103 |
| 33 | 2012 | 27.40 | 8.34 | 1.138 |
| 34 | 2013 | 35.40 | 10.43 | 1.172 |
| 35 | 2014 | 28.50 | 8.63 | 1.207 |
| 36 | 2015 | 30.30 | 9.10 | 1.241 |
| 37 | 2016 | 35.40 | 10.43 | 1.276 |
| 38 | 2017 | 29.70 | 8.95 | 1.310 |
| SUMATORIA | | 1362.10 | 399.44 | |
| PROMEDIO | | 35.84 | 10.61 | |
| DESV. ESTAND. | | 9.10 | 2.31 | |

Fuente. Elaboración propia

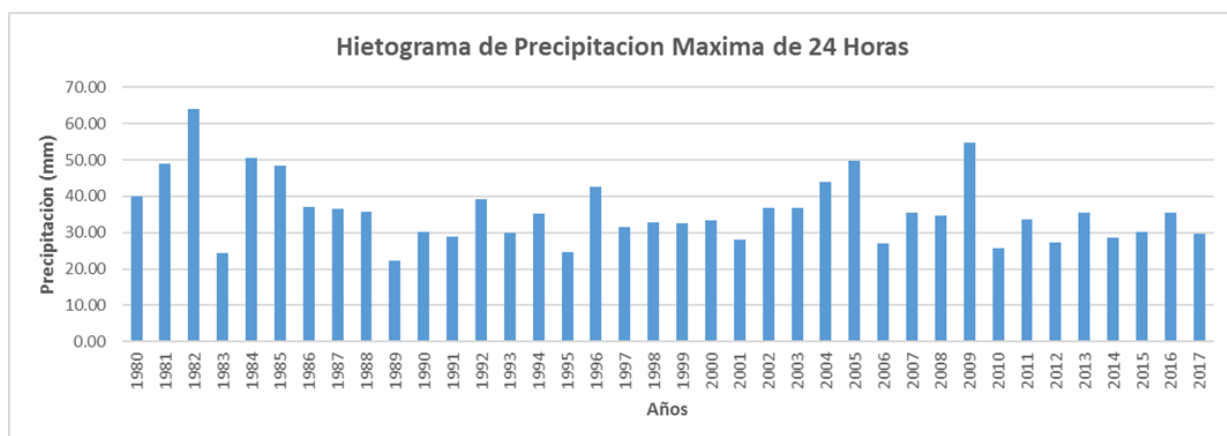


Figura 1. Hietograma de precipitación máxima de 24 horas

Fuente. Elaboración propia

EVALUACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS

Analizamos a través de DYCK PESCHKE y WEIBULL las precipitaciones máximas de 24 horas para periodos de 10, 15, 30, 60, 120, 180 y 240 minutos para realizar un ajuste exhaustivo de frecuencias mediante el software Hidroesta 2, por Normal, Log normal – 2P, Log normal – 3P, Pearson – III, Logpearson – III y Gumbel.

Tabla 8. Precipitación diaria para diferentes periodos de duración

| LLUVIAS MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN LAMPA (mm) | | | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| Año | P max | DURACIÓN EN MINUTOS | | | | | | |
| | 24 horas | 10 | 20 | 30 | 60 | 120 | 180 | 240 |
| 1980 | 40.00 | 11.55 | 13.73 | 15.20 | 18.07 | 21.49 | 23.78 | 25.56 |
| 1981 | 49.00 | 14.15 | 16.82 | 18.62 | 22.14 | 26.33 | 29.14 | 31.31 |
| 1982 | 64.00 | 18.48 | 21.97 | 24.31 | 28.92 | 34.39 | 38.05 | 40.89 |
| 1983 | 24.50 | 7.07 | 8.41 | 9.31 | 11.07 | 13.16 | 14.57 | 15.65 |
| 1984 | 50.40 | 14.55 | 17.30 | 19.15 | 22.77 | 27.08 | 29.97 | 32.20 |
| 1985 | 48.30 | 13.94 | 16.58 | 18.35 | 21.82 | 25.95 | 28.72 | 30.86 |
| 1986 | 37.00 | 10.68 | 12.70 | 14.06 | 16.72 | 19.88 | 22.00 | 23.64 |
| 1987 | 36.60 | 10.57 | 12.56 | 13.90 | 16.54 | 19.66 | 21.76 | 23.39 |
| 1988 | 35.70 | 10.31 | 12.26 | 13.56 | 16.13 | 19.18 | 21.23 | 22.81 |
| 1989 | 22.20 | 6.41 | 7.62 | 8.43 | 10.03 | 11.93 | 13.20 | 14.18 |
| 1990 | 30.30 | 8.75 | 10.40 | 11.51 | 13.69 | 16.28 | 18.02 | 19.36 |
| 1991 | 28.80 | 8.31 | 9.89 | 10.94 | 13.01 | 15.47 | 17.12 | 18.40 |
| 1992 | 39.30 | 11.34 | 13.49 | 14.93 | 17.76 | 21.12 | 23.37 | 25.11 |
| 1993 | 29.90 | 8.63 | 10.26 | 11.36 | 13.51 | 16.06 | 17.78 | 19.10 |
| 1994 | 35.20 | 10.16 | 12.08 | 13.37 | 15.90 | 18.91 | 20.93 | 22.49 |
| 1995 | 24.70 | 7.13 | 8.48 | 9.38 | 11.16 | 13.27 | 14.69 | 15.78 |
| 1996 | 42.70 | 12.33 | 14.66 | 16.22 | 19.29 | 22.94 | 25.39 | 27.28 |
| 1997 | 31.40 | 9.06 | 10.78 | 11.93 | 14.19 | 16.87 | 18.67 | 20.06 |
| 1998 | 32.80 | 9.47 | 11.26 | 12.46 | 14.82 | 17.62 | 19.50 | 20.96 |
| 1999 | 32.70 | 9.44 | 11.23 | 12.42 | 14.77 | 17.57 | 19.44 | 20.89 |
| 2000 | 33.40 | 9.64 | 11.47 | 12.69 | 15.09 | 17.95 | 19.86 | 21.34 |
| 2001 | 28.10 | 8.11 | 9.65 | 10.68 | 12.70 | 15.10 | 16.71 | 17.95 |
| 2002 | 36.90 | 10.65 | 12.67 | 14.02 | 16.67 | 19.83 | 21.94 | 23.58 |
| 2003 | 36.70 | 10.59 | 12.60 | 13.94 | 16.58 | 19.72 | 21.82 | 23.45 |

| | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2004 | 43.80 | 12.64 | 15.04 | 16.64 | 19.79 | 23.53 | 26.04 | 27.99 |
| 2005 | 49.60 | 14.32 | 17.03 | 18.84 | 22.41 | 26.65 | 29.49 | 31.69 |
| 2006 | 27.10 | 7.82 | 9.30 | 10.30 | 12.24 | 14.56 | 16.11 | 17.32 |
| 2007 | 35.60 | 10.28 | 12.22 | 13.53 | 16.08 | 19.13 | 21.17 | 22.75 |
| 2008 | 34.70 | 10.02 | 11.91 | 13.18 | 15.68 | 18.64 | 20.63 | 22.17 |
| 2009 | 54.70 | 15.79 | 18.78 | 20.78 | 24.71 | 29.39 | 32.52 | 34.95 |
| 2010 | 25.60 | 7.39 | 8.79 | 9.73 | 11.57 | 13.75 | 15.22 | 16.36 |
| 2011 | 33.70 | 9.73 | 11.57 | 12.80 | 15.23 | 18.11 | 20.04 | 21.53 |
| 2012 | 27.40 | 7.91 | 9.41 | 10.41 | 12.38 | 14.72 | 16.29 | 17.51 |
| 2013 | 35.40 | 10.22 | 12.15 | 13.45 | 15.99 | 19.02 | 21.05 | 22.62 |
| 2014 | 28.50 | 8.23 | 9.78 | 10.83 | 12.88 | 15.31 | 16.95 | 18.21 |
| 2015 | 30.30 | 8.75 | 10.40 | 11.51 | 13.69 | 16.28 | 18.02 | 19.36 |
| 2016 | 35.40 | 10.22 | 12.15 | 13.45 | 15.99 | 19.02 | 21.05 | 22.62 |
| 2017 | 29.70 | 8.57 | 10.20 | 11.28 | 13.42 | 15.96 | 17.66 | 18.98 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Profundidad de precipitación por Weibull

| IMAX (mm/HR) | | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Duracion en minutos | | | | | | | | |
| Nº | Años | 10 | 20 | 30 | 60 | 120 | 180 | 240 |
| 1 | 39.00 | 110.85 | 65.91 | 48.63 | 28.92 | 17.19 | 12.68 | 10.22 |
| 2 | 19.50 | 94.74 | 56.33 | 41.56 | 24.71 | 14.69 | 10.84 | 8.74 |
| 3 | 13.00 | 87.30 | 51.91 | 38.30 | 22.77 | 13.54 | 9.99 | 8.05 |
| 4 | 9.75 | 85.91 | 51.08 | 37.69 | 22.41 | 13.32 | 9.83 | 7.92 |
| 5 | 7.80 | 84.87 | 50.46 | 37.23 | 22.14 | 13.16 | 9.71 | 7.83 |
| 6 | 6.50 | 83.66 | 49.74 | 36.70 | 21.82 | 12.98 | 9.57 | 7.72 |
| 7 | 5.57 | 75.86 | 45.11 | 33.28 | 19.79 | 11.77 | 8.68 | 7.00 |
| 8 | 4.88 | 73.96 | 43.98 | 32.44 | 19.29 | 11.47 | 8.46 | 6.82 |
| 9 | 4.33 | 69.28 | 41.20 | 30.39 | 18.07 | 10.75 | 7.93 | 6.39 |
| 10 | 3.90 | 68.07 | 40.47 | 29.86 | 17.76 | 10.56 | 7.79 | 6.28 |
| 11 | 3.55 | 64.09 | 38.11 | 28.11 | 16.72 | 9.94 | 7.33 | 5.91 |
| 12 | 3.25 | 63.91 | 38.00 | 28.04 | 16.67 | 9.91 | 7.31 | 5.89 |
| 13 | 3.00 | 63.57 | 37.80 | 27.89 | 16.58 | 9.86 | 7.27 | 5.86 |
| 14 | 2.79 | 63.39 | 37.69 | 27.81 | 16.54 | 9.83 | 7.25 | 5.85 |

| | | | | | | | | |
|----|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 15 | 2.60 | 61.83 | 36.77 | 27.13 | 16.13 | 9.59 | 7.08 | 5.70 |
| 16 | 2.44 | 61.66 | 36.66 | 27.05 | 16.08 | 9.56 | 7.06 | 5.69 |
| 17 | 2.29 | 61.31 | 36.46 | 26.90 | 15.99 | 9.51 | 7.02 | 5.65 |
| 18 | 2.17 | 61.31 | 36.46 | 26.90 | 15.99 | 9.51 | 7.02 | 5.65 |
| 19 | 2.05 | 60.97 | 36.25 | 26.75 | 15.90 | 9.46 | 6.98 | 5.62 |
| 20 | 1.95 | 60.10 | 35.74 | 26.37 | 15.68 | 9.32 | 6.88 | 5.54 |
| 21 | 1.86 | 58.37 | 34.71 | 25.61 | 15.23 | 9.05 | 6.68 | 5.38 |
| 22 | 1.77 | 57.85 | 34.40 | 25.38 | 15.09 | 8.97 | 6.62 | 5.34 |
| 23 | 1.70 | 56.81 | 33.78 | 24.92 | 14.82 | 8.81 | 6.50 | 5.24 |
| 24 | 1.63 | 56.64 | 33.68 | 24.85 | 14.77 | 8.78 | 6.48 | 5.22 |
| 25 | 1.56 | 54.39 | 32.34 | 23.86 | 14.19 | 8.44 | 6.22 | 5.02 |
| 26 | 1.50 | 52.48 | 31.21 | 23.02 | 13.69 | 8.14 | 6.01 | 4.84 |
| 27 | 1.44 | 52.48 | 31.21 | 23.02 | 13.69 | 8.14 | 6.01 | 4.84 |
| 28 | 1.39 | 51.79 | 30.79 | 22.72 | 13.51 | 8.03 | 5.93 | 4.78 |
| 29 | 1.34 | 51.44 | 30.59 | 22.57 | 13.42 | 7.98 | 5.89 | 4.74 |
| 30 | 1.30 | 49.88 | 29.66 | 21.88 | 13.01 | 7.74 | 5.71 | 4.60 |
| 31 | 1.26 | 49.36 | 29.35 | 21.66 | 12.88 | 7.66 | 5.65 | 4.55 |
| 32 | 1.22 | 48.67 | 28.94 | 21.35 | 12.70 | 7.55 | 5.57 | 4.49 |
| 33 | 1.18 | 47.46 | 28.22 | 20.82 | 12.38 | 7.36 | 5.43 | 4.38 |
| 34 | 1.15 | 46.94 | 27.91 | 20.59 | 12.24 | 7.28 | 5.37 | 4.33 |
| 35 | 1.11 | 44.34 | 26.37 | 19.45 | 11.57 | 6.88 | 5.07 | 4.09 |
| 36 | 1.08 | 42.78 | 25.44 | 18.77 | 11.16 | 6.64 | 4.90 | 3.95 |
| 37 | 1.05 | 42.44 | 25.23 | 18.62 | 11.07 | 6.58 | 4.86 | 3.91 |
| 38 | 1.03 | 38.45 | 22.86 | 16.87 | 10.03 | 5.96 | 4.40 | 3.55 |

Fuente: *Elaboración propia*

SELECCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Mediante el software Hidroesta 2 seleccionamos la distribución de probabilidad mediante el método gráfico y analítico por Normal, Log normal – 2P, Log normal – 3P, Pearson – III, Gamma 2P, Gamma 3P, Logpearson – III y Gumbel.

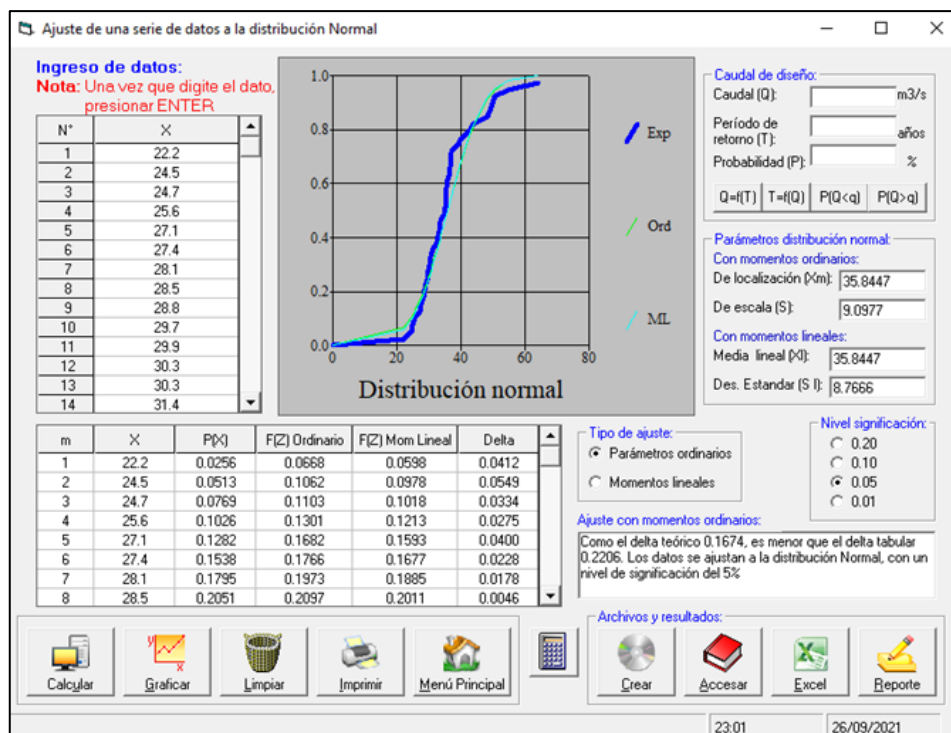


Figura 2. Distribución normal, variación 0.1674, significación 5%

Fuente. Elaboración propia

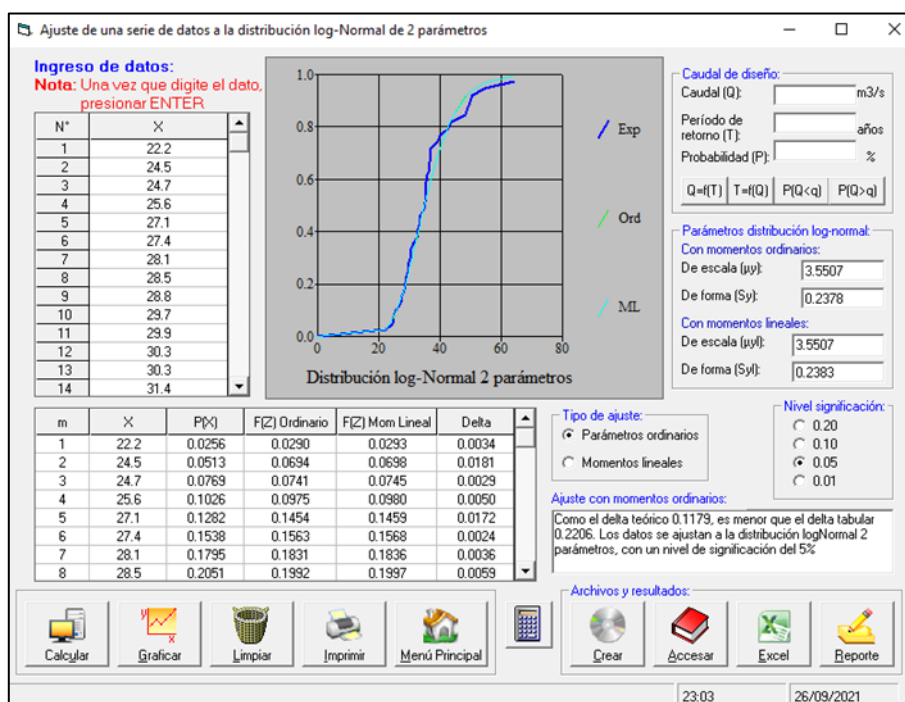


Figura 3. Distribución log – normal 2 P, variación 0.1179, significación 5%

Fuente: Elaboración propia

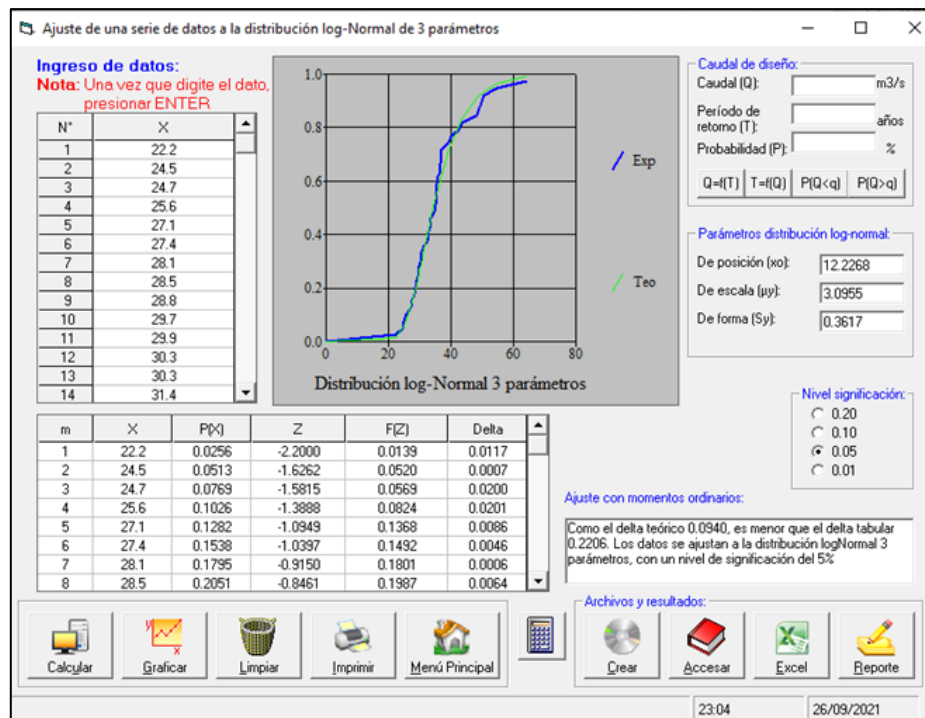


Figura 4. Distribución log – normal 3 P, variación 0.0940, significación 5%

Fuente. Elaboración propia

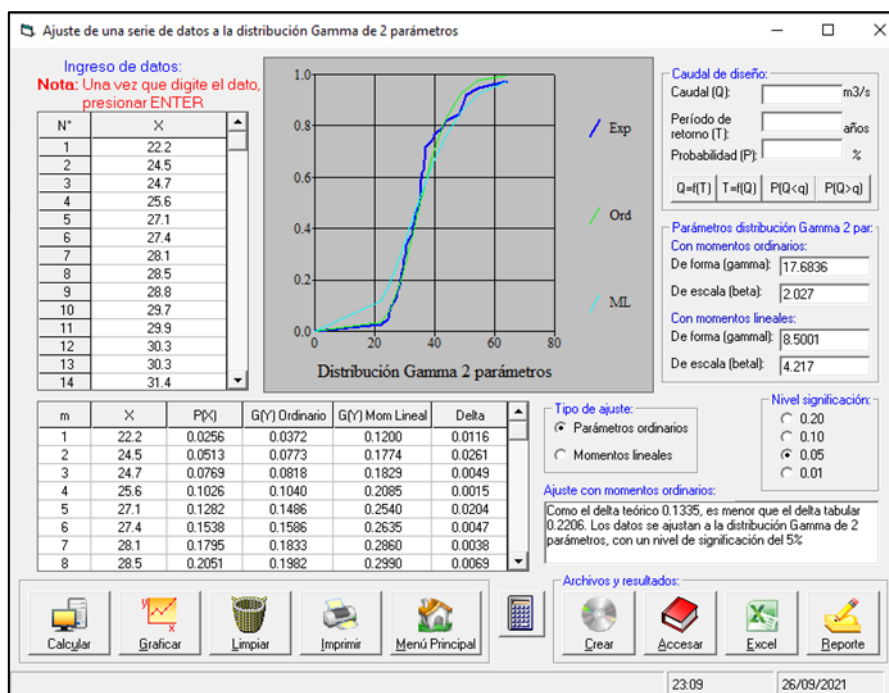


Figura 5. Distribución Gamma 2 P, variación 0.1335, significación 5%

Fuente. Elaboración propia

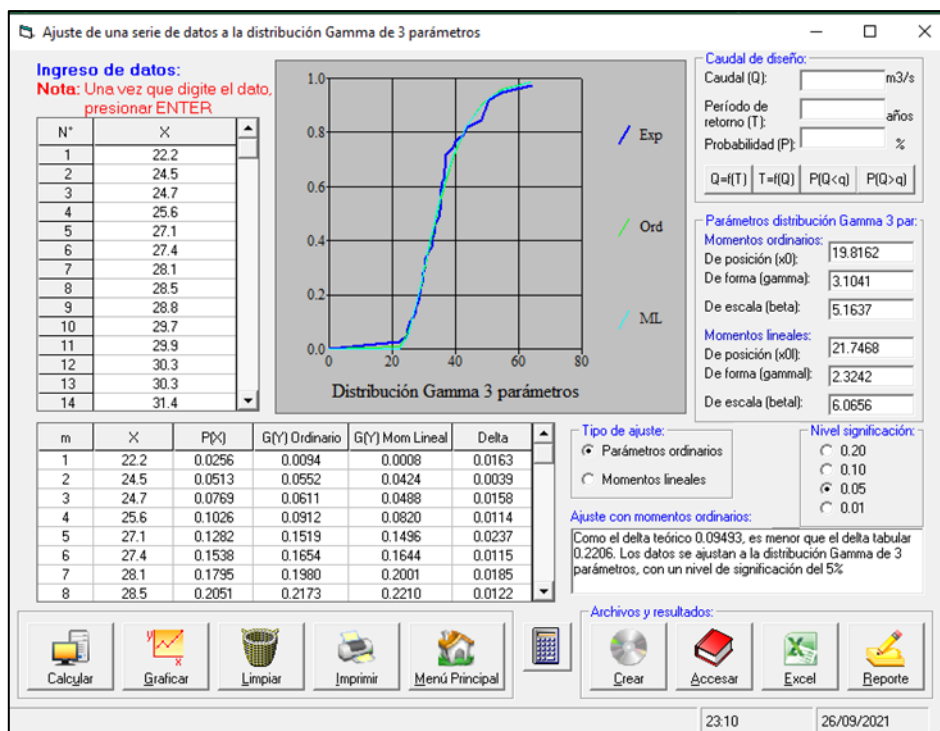


Figura 6. Distribución Gamma 3 P, variación 0.09493, significación 5%

Fuente. Elaboración propia

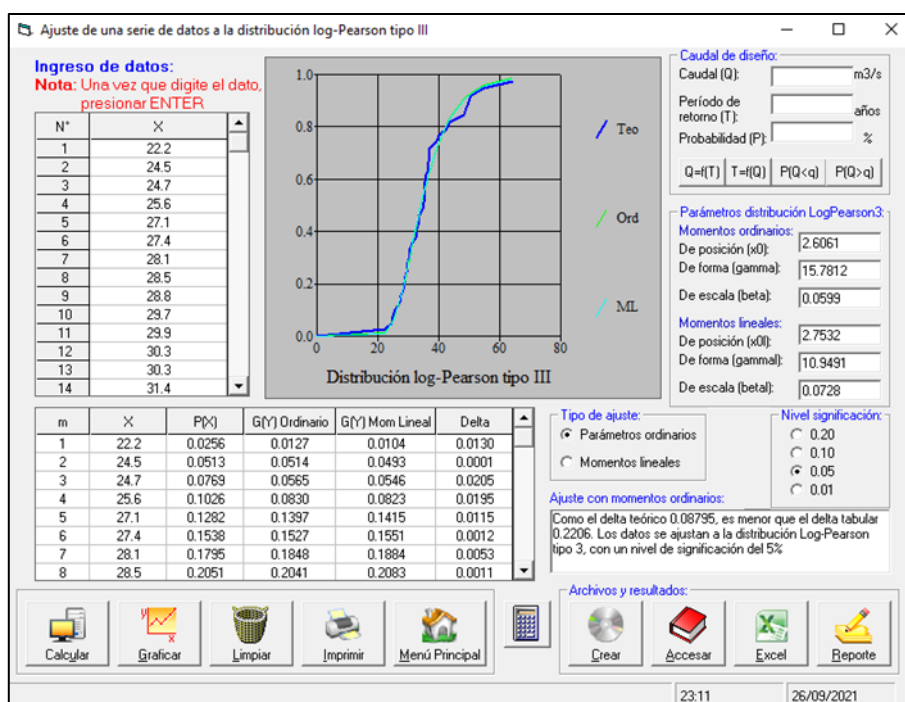


Figura 7. Distribución log – Pearson tipo III, variación 0.09493, significación 5%

Fuente. Elaboración propia

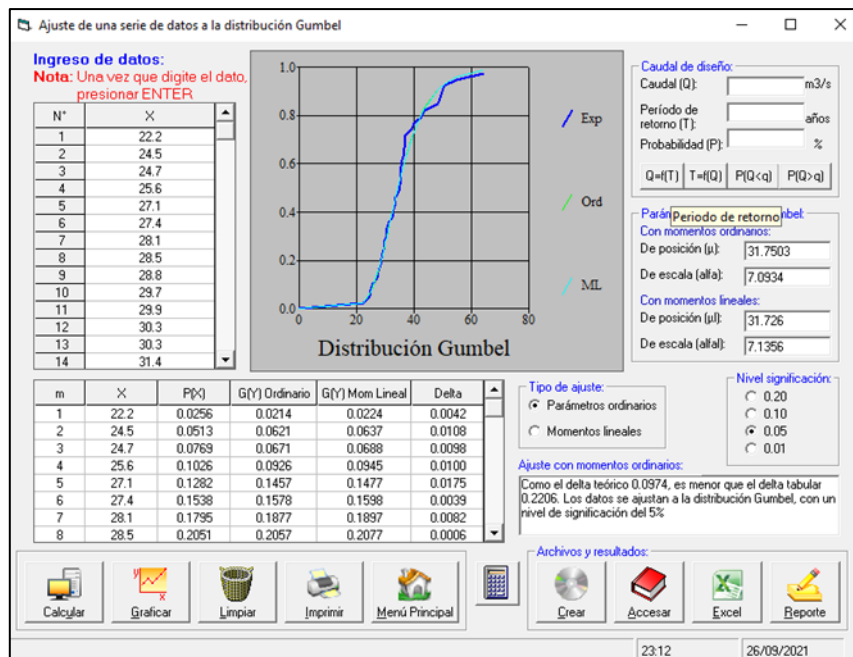


Figura 8. Distribución Gumbel, variación 0.0974, significación 5%
Fuente. Elaboración propia

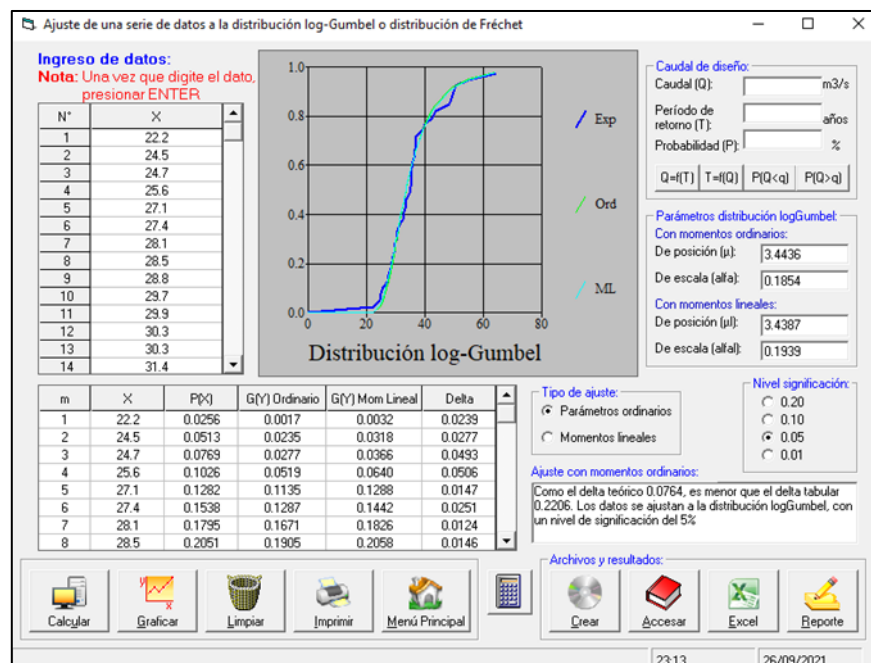


Figura 9. Distribución log - Gumbel, variación 0.0764, significación 5%
Fuente. Elaboración propia

El modelo de distribución que más se acomoda en el presente procedimiento es el método Log – Gumbel, ya que haciendo la comparación con los demás métodos es el que presenta menor valor tal como se observa en los resultados de las Figuras del N° 2 a la Figura N° 9.

LLUVIA DE DISEÑO

Para el cálculo de socavación hidráulica, el manual de hidrología del MTC hace referencia que se tome un periodo de retorno de 500 años para la lluvia de diseño tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 10 Precipitación máxima de 24 horas en distintos periodos de retorno

| Tiempo de retorno | Probabilidad | Precipitación proyectada en mm |
|-------------------|--------------|--------------------------------|
| 2 | 0.5 | 36.50 |
| 5 | 0.2 | 41.34 |
| 10 | 0.1 | 47.50 |
| 25 | 0.04 | 56.63 |
| 50 | 0.02 | 64.52 |
| 100 | 0.01 | 73.44 |
| 200 | 0.005 | 87.08 |
| 500 | 0.002 | 99.04 |

Fuente. Elaboracion propia

Tabla 11 Profundidad de lluvia de diseño – periodo de retorno

| PROFUNDIDAD DE LLUVIA DE DISEÑO (mm) | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Probabilidad | T años | DURACIONES EN MINUTOS SEGÚN DISTRIBUCION LOG-GUMBEL | | | | | |
| Excedencia (%) | | 5 | 15 | 30 | 60 | 120 | 180 |
| 50.00% | 2 | 8.13 | 10.70 | 12.73 | 15.14 | 18.00 | 19.92 |
| 33.33% | 3 | 8.98 | 11.82 | 14.06 | 16.72 | 19.88 | 22.00 |
| 20.00% | 5 | 10.04 | 13.21 | 15.71 | 18.68 | 22.21 | 24.58 |
| 10.00% | 10 | 11.53 | 15.17 | 18.05 | 21.46 | 25.52 | 28.24 |
| 4.00% | 25 | 13.75 | 18.09 | 21.51 | 25.59 | 30.43 | 33.67 |
| 2.00% | 50 | 15.66 | 20.61 | 24.51 | 29.15 | 34.67 | 38.36 |
| 1.00% | 100 | 17.83 | 23.46 | 27.90 | 33.18 | 39.46 | 43.67 |
| 0.40% | 250 | 21.14 | 27.82 | 33.08 | 39.34 | 46.79 | 51.78 |
| 0.20% | 500 | 24.04 | 31.64 | 37.63 | 44.75 | 53.21 | 58.89 |

Fuente: Elaboración propia

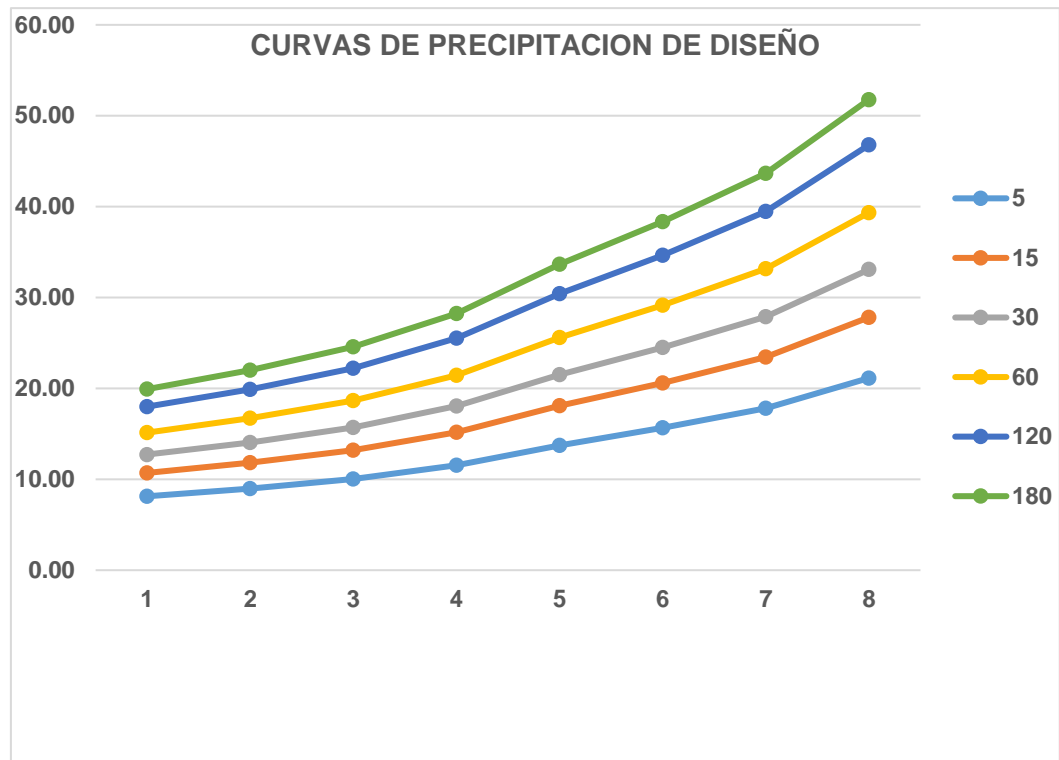


Figura 10. Curvas de precipitación de diseño

Fuente. Elaboración propia

DETERMINACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

Los caudales máximos son importantes para incidir en la elaboración de obras hidráulicas y el cálculo de tales es de vital importancia por lo que se usará el software HEC – HMS, con la ayuda de las precipitaciones máximas de diseño se determinará los caudales máximos. Para la calibración se tomó el puente Unocolla como punto de control, registrando la rugosidad del lecho $n = 0.045$, y siendo la pendiente media del cauce 0.0226 , mediante Manning determinamos:

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P_m^{2/3}} S^{1/2}$$

| | | | | | |
|-------------------------|--|---|-------|-------|-------|
| C. EXCAVADO | | a. Tierra, recto y uniforme nuevo | 0.016 | 0.018 | 0.020 |
| | | grava | 0.022 | 0.025 | 0.030 |
| | | con algo de vegetación | 0.022 | 0.027 | 0.033 |
| | | b. Tierra, sinuoso sin vegetación | 0.023 | 0.025 | 0.030 |
| | | con malezas y pasto | 0.025 | 0.030 | 0.033 |
| | | maleza tupida, plantas | 0.030 | 0.035 | 0.040 |
| | | fondo pedregoso - malezas. | 0.025 | 0.035 | 0.040 |
| | | c. Roca suave y uniforme | 0.025 | 0.035 | 0.040 |
| | | irregular | 0.035 | 0.040 | 0.050 |
| | | d. Canales sin mantención maleza tupida | 0.050 | 0.080 | 0.120 |
| D. CORRIENTES NATURALES | D.1. CORRIENTES MENORES (ANCHO SUPERF. < 30 m) | Fondo limpio, bordes con vegetación | 0.040 | 0.050 | 0.080 |
| | | a. Ríos en planicies rectos, sin zonas muertas | 0.025 | 0.030 | 0.033 |
| | | rectos sin zonas muertas con piedras y malezas | 0.030 | 0.036 | 0.040 |
| | | Sinuoso, vegetación y piedras | 0.035 | 0.045 | 0.050 |
| | | Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso | 0.045 | 0.050 | 0.060 |
| | | Abundante vegetación, sinuoso. | 0.075 | 0.100 | 0.150 |
| | | b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos. | | | |
| | | Árboles y arbustos sumergidos | | | |
| | | Parcialmente en crecidas con piedras y | 0.030 | 0.040 | 0.050 |
| | | Pocas rocas grandes rocas y piedras en el fondo. | 0.040 | 0.050 | 0.070 |

Figura 11. Valores de n (Coeficiente de rugosidad)

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje MTC

Por lo tanto, el punto de intercepción es $(Q_0) = 763.90 \text{ m}^3/\text{s}$ (punto de control) que es la descarga que se determina en la tabla 11.

Tabla 12. Tabla de cálculo de caudal por la ecuación de Manning

| Calculo del caudal por Manning | | |
|--------------------------------|--------|-------------------------|
| Pendiente | 0.0226 | m/m |
| Rugosidad | 0.045 | |
| A. Hidraulica | 182.81 | m^2 |
| P. Mojado | 130.48 | MI |
| Caudal | 763.90 | m^3/seg |

Fuente. Elaboración propia

DETERMINACIÓN DE LA DESCARGA MÁXIMA DE OBSERVACIÓN

Mediante la recopilación de datos que vienen a ser los parámetros morfológicos y determinando los parámetros iniciales del modelo y determinando las

precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno calibramos el modelo e iniciamos con los cálculos para distintos periodos de retorno.

Area = 314.53 Km²

Longitud del cauce = 34.62 Km

Pendiente = 0.0226

Tiempo de concentración = 4.72 por Kirpich

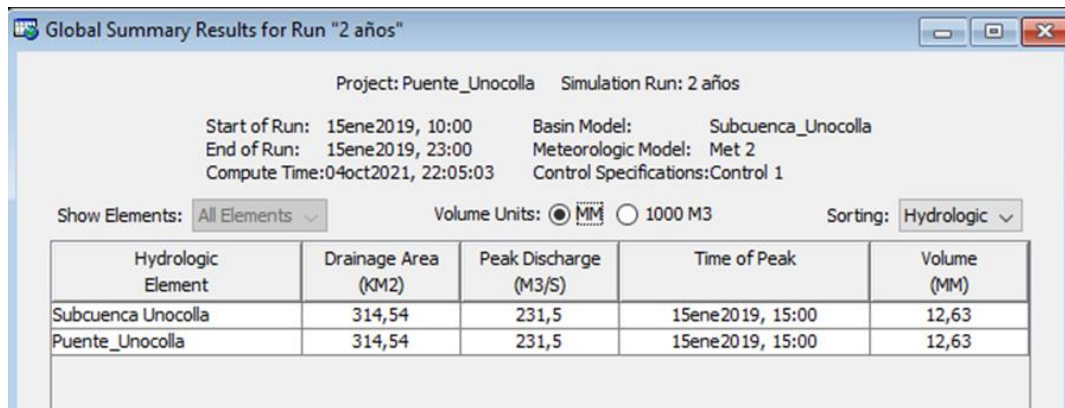
Rugosidad = 0.045 (ver figura 11)

Tabla 13. Parámetros iniciales del modelo

| Tasa de perdidas | | | | | |
|------------------|-----------------|---------------|--------------------------|------|---------|
| Caudal | Area | SCS | | | SCS Lag |
| | | Perd. inicial | SCS Curve N ^a | %Imp | |
| | Km ² | mm | N | % | Hr |
| ql | 393.69 | 8.27 | 86 | 77 | 2.93 |

Fuente. Elaboracion propia

Una vez realizada la calibración del modelo procedemos a calcular las descargas a distintos periodos de retorno.



| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| Subcuenca Unocolla | 314,54 | 231,5 | 15ene2019, 15:00 | 12,63 |
| Puenete_Unocolla | 314,54 | 231,5 | 15ene2019, 15:00 | 12,63 |

Figura 12. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 2 años

Fuente. Elaboración propia

Global Summary Results for Run "3 años"

Project: Puente_Unocolla Simulation Run: 3 años

Start of Run: 15ene2019, 10:00 Basin Model: Subcuenca_Unocolla
End of Run: 15ene2019, 23:00 Meteorologic Model: Met 3
Compute Time: 04oct2021, 21:10:06 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| Subcuenca Unocolla | 314,54 | 257,4 | 15ene2019, 15:00 | 14,04 |
| Puente_Unocolla | 314,54 | 257,4 | 15ene2019, 15:00 | 14,04 |

Figura 13. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 3 años

Fuente. Elaboración propia

Global Summary Results for Run "5 años"

Project: Puente_Unocolla Simulation Run: 5 años

Start of Run: 15ene2019, 10:00 Basin Model: Subcuenca_Unocolla
End of Run: 15ene2019, 23:00 Meteorologic Model: Met 5
Compute Time: 04oct2021, 21:09:55 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| Subcuenca Unocolla | 314,54 | 289,9 | 15ene2019, 15:00 | 15,81 |
| Puente_Unocolla | 314,54 | 289,9 | 15ene2019, 15:00 | 15,81 |

Figura 14. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 5 años

Fuente. Elaboración propia

Global Summary Results for Run "25 años"

Project: Puente_Unocolla Simulation Run: 25 años

Start of Run: 15ene2019, 10:00 Basin Model: Subcuenca_Unocolla
End of Run: 15ene2019, 23:00 Meteorologic Model: Met 25
Compute Time: 04oct2021, 21:10:16 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| Subcuenca Unocolla | 314,54 | 407,8 | 15ene2019, 15:05 | 22,23 |
| Puente_Unocolla | 314,54 | 407,8 | 15ene2019, 15:05 | 22,23 |

Figura 15. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 25 años

Fuente. Elaboración propia

Global Summary Results for Run "50 años"

Project: Puente_Unocolla Simulation Run: 50 años

Start of Run: 15ene2019, 10:00 Basin Model: Subcuenca_Unocolla
End of Run: 15ene2019, 23:00 Meteorologic Model: Met 50
Compute Time: 04oct2021, 21:10:22 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| Subcuenca Unocolla | 314,54 | 470,2 | 15ene2019, 15:05 | 25,62 |
| Puente_Unocolla | 314,54 | 470,2 | 15ene2019, 15:05 | 25,62 |

Figura 16. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 50 años

Fuente. Elaboración propia

Global Summary Results for Run "100 años"

Project: Puente_Unocolla Simulation Run: 100 años

Start of Run: 15ene2019, 10:00 Basin Model: Subcuenca_Unocolla
End of Run: 15ene2019, 23:00 Meteorologic Model: Met 100
Compute Time: 04oct2021, 21:10:31 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| Subcuenca Unocolla | 314,54 | 541,7 | 15ene2019, 15:05 | 29,51 |
| Puente_Unocolla | 314,54 | 541,7 | 15ene2019, 15:05 | 29,51 |

Figura 17. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 100 años

Fuente. Elaboración propia

Global Summary Results for Run "250 años"

Project: Puente_Unocolla Simulation Run: 250 años

Start of Run: 15ene2019, 10:00 Basin Model: Subcuenca_Unocolla
End of Run: 15ene2019, 23:00 Meteorologic Model: Met 250
Compute Time: 04oct2021, 21:10:37 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| Subcuenca Unocolla | 314,54 | 647,9 | 15ene2019, 15:05 | 35,53 |
| Puente_Unocolla | 314,54 | 647,9 | 15ene2019, 15:05 | 35,53 |

Figura 18. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 250 años

Fuente. Elaboración propia

Global Summary Results for Run "500 años"

Project: Puente_Unocolla Simulation Run: 500 años

Start of Run: 15ene2019, 10:00 Basin Model: Subcuenca_Unocolla
End of Run: 15ene2019, 23:00 Meteorologic Model: Met 500
Compute Time: 04oct2021, 21:08:51 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Hydrologic

| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| Subcuenca Unocolla | 314,54 | 751,1 | 15ene2019, 15:05 | 40,88 |
| Puente_Unocolla | 314,54 | 751,1 | 15ene2019, 15:05 | 40,88 |

Figura 19. Cálculo Q (caudal) - Periodo de retorno 500 años

Fuente. Elaboración propia

ANEXO 5: Modelamiento Hidráulico

Con el programa H – CANALES, empezamos a determinar el Tirante normal Y_n , para ello utilizaremos los datos obtenidos para cada periodo de retorno, a continuación se detalla el procedimiento mediante las figuras correspondientes:

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Rio Unocolla Proyecto: TESIS
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): 231.5 m³/s
Ancho de solera (b): 128 m
Talud (Z): 0.105
Rugosidad (n): 0.045
Pendiente (S): 0.0096 m/m

Resultados:

Tirante normal (y): 0.8990 m
Área hidráulica (A): 115.1588 m²
Espejo de agua (T): 128.1888 m
Número de Froude (F): 0.6772
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 129.8079 m
Radio hidráulico (R): 0.8871 m
Velocidad (v): 2.0103 m/s
Energía específica (E): 1.1050 m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 11:12 10/10/2021

Figura 20. Tirante determinado para un periodo de retorno de 2 años

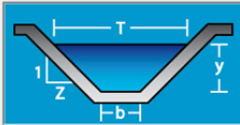
Fuente. Elaboración propia

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rio Unocolla** Proyecto: **TESIS**
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **257.4** m³/s
Ancho de solera (b): **128** m
Talud (Z): **0.105**
Rugosidad (n): **0.045**
Pendiente (S): **0.0096** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **0.9584** m Perímetro (p): **129.9273** m
Área hidráulica (A): **122.7698** m² Radio hidráulico (R): **0.9449** m
Espejo de agua (T): **128.2013** m Velocidad (v): **2.0966** m/s
Número de Froude (F): **0.6840** Energía específica (E): **1.1824** m-Kg/Kg
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Cuidado velocidad erosiva

Calcular Efectuar cálculos Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 11:13 10/10/2021


Figura 21. Tirante determinado para un periodo de retorno de 3 años
Fuente. Elaboración propia

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rio Unocolla** Proyecto: **TESIS**
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **289.9** m³/s
Ancho de solera (b): **128** m
Talud (Z): **0.105**
Rugosidad (n): **0.045**
Pendiente (S): **0.0096** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **1.0297** m Perímetro (p): **130.0706** m
Área hidráulica (A): **131.9067** m² Radio hidráulico (R): **1.0141** m
Espejo de agua (T): **128.2162** m Velocidad (v): **2.1978** m/s
Número de Froude (F): **0.6918** Energía específica (E): **1.2758** m-Kg/Kg
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

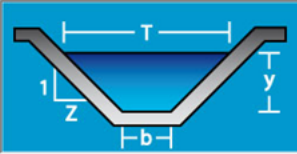
Ejecuta las operaciones 11:13 10/10/2021

Figura 22. Tirante determinado para un periodo de retorno de 5 años
Fuente. Elaboración propia

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rio Unocolla** Proyecto: **TESIS**
Tramo: Revestimiento:

Datos:
Caudal (Q): **336.8** m³/s
Ancho de solera (b): **128** m
Talud (Z): **0.105**
Rugosidad (n): **0.045**
Pendiente (S): **0.0096** m/m



Resultados:
Tirante normal (y): **1.1272** m
Area hidráulica (A): **144.4118** m²
Espejo de agua (T): **128.2367** m
Número de Froude (F): **0.7017**
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Perímetro (p): **130.2667** m
Radio hidráulico (R): **1.1086** m
Velocidad (v): **2.3322** m/s
Energía específica (E): **1.4044** m-Kg/Kg
Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 11:13 10/10/2021

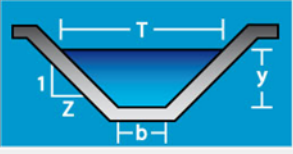
Figura 23. Tirante determinado para un periodo de retorno de 10 años

Fuente. Elaboración propia

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rio Unocolla** Proyecto: **TESIS**
Tramo: Revestimiento:

Datos:
Caudal (Q): **407.8** m³/s
Ancho de solera (b): **128** m
Talud (Z): **0.105**
Rugosidad (n): **0.045**
Pendiente (S): **0.0096** m/m



Resultados:
Tirante normal (y): **1.2652** m
Area hidráulica (A): **162.1129** m²
Espejo de agua (T): **128.2657** m
Número de Froude (F): **0.7144**
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Perímetro (p): **130.5443** m
Radio hidráulico (R): **1.2418** m
Velocidad (v): **2.5155** m/s
Energía específica (E): **1.5877** m-Kg/Kg
Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 11:14 10/10/2021

Figura 24. Tirante determinado para un periodo de retorno de 25 años

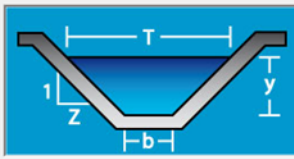
Fuente. Elaboración propia

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rio Unocolla** Proyecto: **TESIS**
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **470.2** m³/s
Ancho de solera (b): **128** m
Talud (Z): **0.105**
Rugosidad (n): **0.045**
Pendiente (S): **0.0096** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **1.3789** m
Área hidráulica (A): **176.6944** m²
Espejo de agua (T): **128.2896** m
Número de Froude (F): **0.7240**
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Perímetro (p): **130.7729** m
Radio hidráulico (R): **1.3512** m
Velocidad (v): **2.6611** m/s
Energía específica (E): **1.7398** m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 11:15 10/10/2021

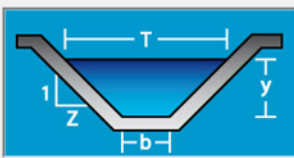
Figura 25. Tirante determinado para un periodo de retorno de 50 años
Fuente. Elaboración propia

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rio Unocolla** Proyecto: **TESIS**
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **541.7** m³/s
Ancho de solera (b): **128** m
Talud (Z): **0.105**
Rugosidad (n): **0.045**
Pendiente (S): **0.0096** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **1.5021** m
Área hidráulica (A): **192.5029** m²
Espejo de agua (T): **128.3154** m
Número de Froude (F): **0.7335**
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Perímetro (p): **131.0207** m
Radio hidráulico (R): **1.4693** m
Velocidad (v): **2.8140** m/s
Energía específica (E): **1.9057** m-Kg/Kg

Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 11:15 10/10/2021

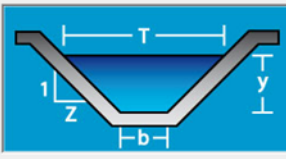
Figura 26. Tirante determinado para un periodo de retorno de 100 años
Fuente. Elaboración propia

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rio Unocolla** Proyecto: **TESIS**
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **647.9** m³/s
Ancho de solera (b): **128** m
Talud (Z): **0.105**
Rugosidad (n): **0.045**
Pendiente (S): **0.0096** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **1.6739** m Perímetro (p): **131.3663** m
Área hidráulica (A): **214.5579** m² Radio hidráulico (R): **1.6333** m
Espejo de agua (T): **128.3515** m Velocidad (v): **3.0197** m/s
Número de Froude (F): **0.7457** Energía específica (E): **2.1387** m-Kg/Kg
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Ejecuta las operaciones 11:16 10/10/2021

Figura 27. Tirante determinado para un periodo de retorno de 250 años

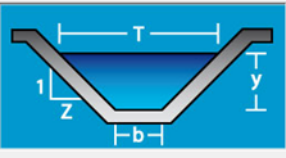
Fuente. Elaboración propia

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Rio Unocolla** Proyecto: **TESIS**
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **751.1** m³/s
Ancho de solera (b): **128** m
Talud (Z): **0.105**
Rugosidad (n): **0.045**
Pendiente (S): **0.0096** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): **1.8307** m Perímetro (p): **131.6815** m
Área hidráulica (A): **234.6793** m² Radio hidráulico (R): **1.7822** m
Espejo de agua (T): **128.3844** m Velocidad (v): **3.2005** m/s
Número de Froude (F): **0.7558** Energía específica (E): **2.3528** m-Kg/Kg
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Cuidado velocidad erosiva

Calcular Limpiar pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 11:16 10/10/2021

Figura 28. Tirante determinado para un periodo de retorno de 500 años

Fuente. Elaboración propia

Tabla 14 Resumen de los datos obtenidos por el software H – Canales

| Periodo Retorno (T) | Q (m3/seg) | Tirante (y) | Velocidad (v) | Nro Froude |
|------------------------|------------|----------------|------------------|---------------|
| 2 | 231.5 | 0.899 | 2.0103 | 0.6772 |
| 3 | 257.4 | 0.9584 | 2.0966 | 0.684 |
| 5 | 289.9 | 1.0297 | 2.1978 | 0.6918 |
| 10 | 336.8 | 1.1272 | 2.3322 | 0.7017 |
| 25 | 407.8 | 1.2652 | 2.5155 | 0.7144 |
| 50 | 470.2 | 1.3789 | 2.6611 | 0.724 |
| 100 | 541.7 | 1.5021 | 2.814 | 0.7335 |
| 250 | 647.9 | 1.6739 | 3.0197 | 0.7457 |
| 500 | 751.1 | 1.8307 | 3.2005 | 0.7558 |

Fuente. Elaboración propia

Con el programa HEC – RAS, iniciamos a realizar la simulación del proceso de socavación en pilares, importamos el archivo geometría.geo para procesar la superficie y las respectivas secciones transversales.

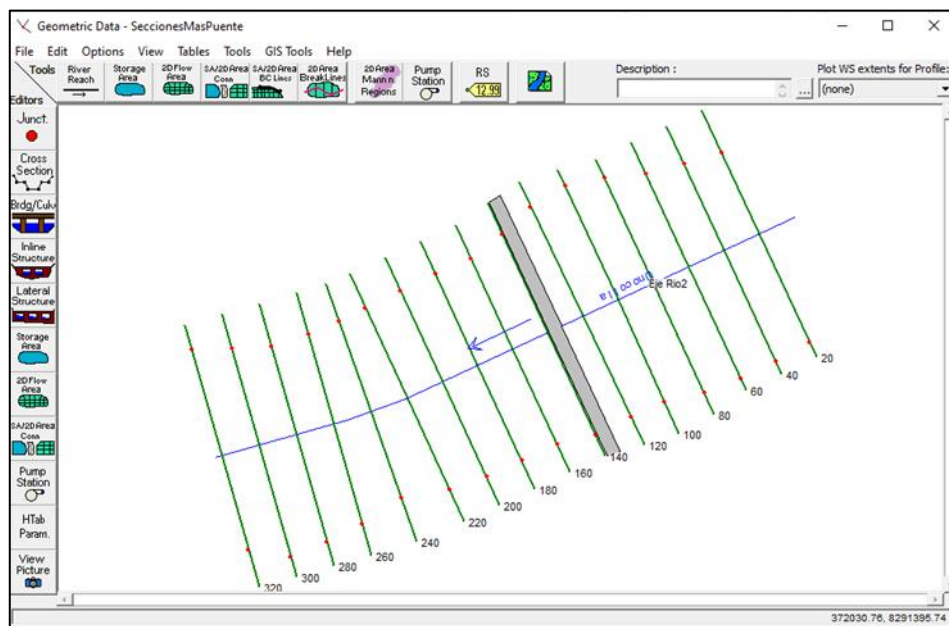


Figura 29. Procesamiento de la superficie y secciones transversales (HEC – RAS)

Fuente. Elaboración propia

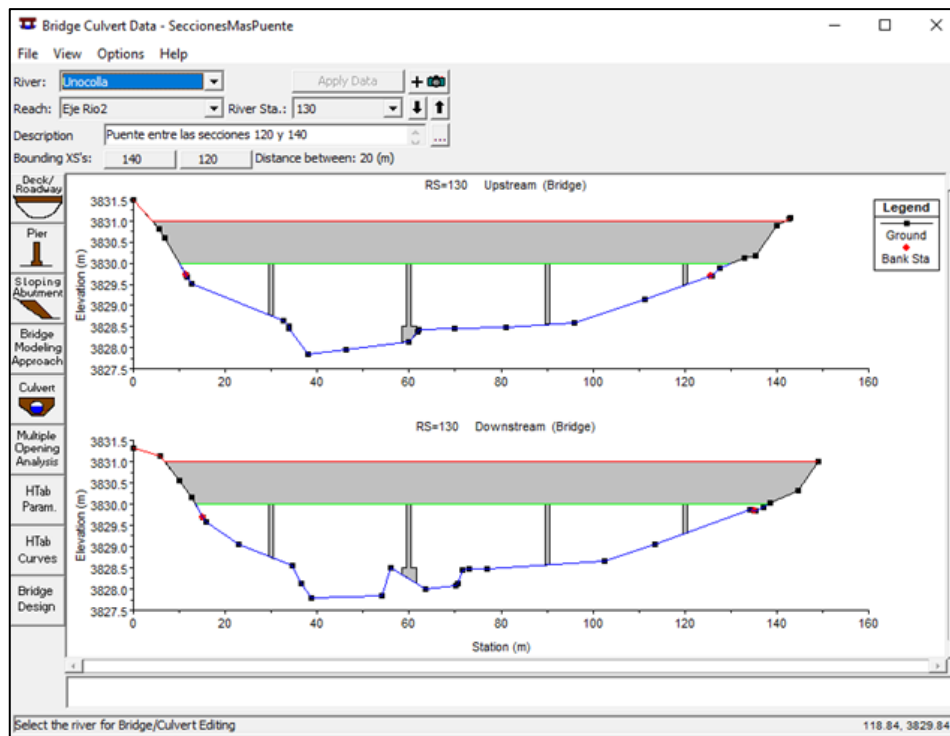


Figura 30. Determinación de las secciones transversales del puente Unocolla (Aguas arriba – aguas abajo)

Fuente. Elaboración propia

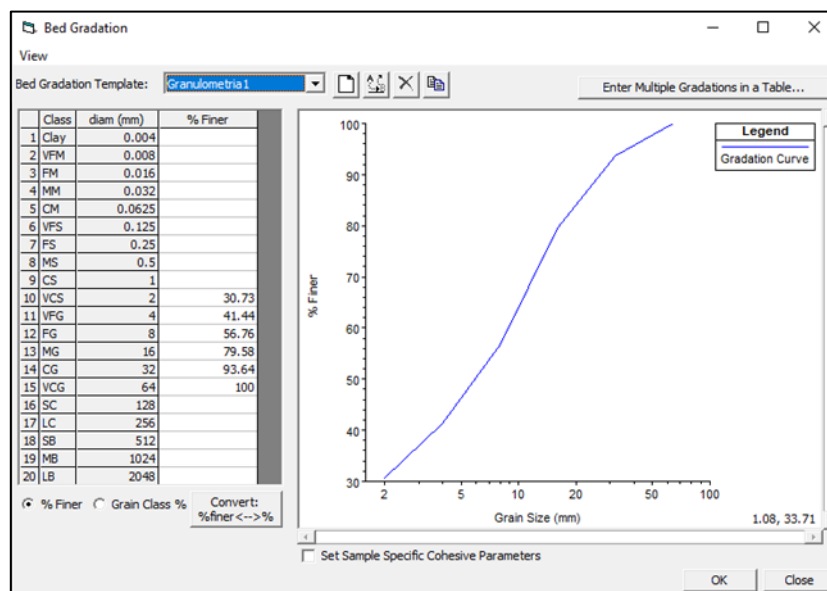


Figura 31. Determinación del perfil del sedimento en el proceso del cálculo de socavación

Fuente. Elaboración propia

Quasi Unsteady Flow Editor

File Help

Boundary Condition Types

| | | |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| Flow Series | Lateral Flow Series | Uniform Lateral Flow |
| Normal Depth | Stage Series | Rating Curve |
| T.S. Gate Openings | Internal Stage BC | |

Select Location for Boundary Condition

Add BC Location(s) Delete Current Row

| | River | Reach | RS | Boundary Condition Type |
|---|----------|----------|-----|-------------------------|
| 1 | Unocolla | Eje Rio2 | 320 | Flow Series |
| 2 | Unocolla | Eje Rio2 | 20 | Normal Depth |

Set Temperature ... Histogram Generator ...

Figura 32. Introducción tipo de flujo

Fuente: Elaboración propia

Flow Series for Unocolla Eje Rio2 320

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☐ Use Simulation Time: Date: 15JAN2019 Time: 0000

☒ Fixed Start Time: Date: 15JAN2019 Time: 2300

Hydrograph Data

| No. Ordinates | Interpolate Values | Del Row | Ins Row |
|------------------|----------------------|-----------------------|---|
| Simulation Time | Elapsed Time (hours) | Flow Duration (hours) | Computation Increment (hours) Flow (m3/s) |
| 1 15ene2019 2300 | 2 | 2 | 0.0014 231.5 |
| 2 16ene2019 0100 | 4 | 2 | 0.0014 257.4 |
| 3 16ene2019 0300 | 6 | 2 | 0.0014 289.9 |
| 4 16ene2019 0500 | 8 | 2 | 0.0014 336.8 |
| 5 16ene2019 0700 | 10 | 2 | 0.0014 407.8 |
| 6 16ene2019 0900 | 12 | 2 | 0.0014 470.2 |
| 7 16ene2019 1100 | 14 | 2 | 0.0014 541.7 |
| 8 16ene2019 1300 | 16 | 2 | 0.0014 647.9 |
| 9 16ene2019 1500 | 18 | 2 | 0.0014 751.1 |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |

☐ Compute computation increments based on flow

Plot ... OK Cancel

Figura 33. Introducción de caudales obtenidos en diferentes periodos de retorno

Fuente. Elaboración propia

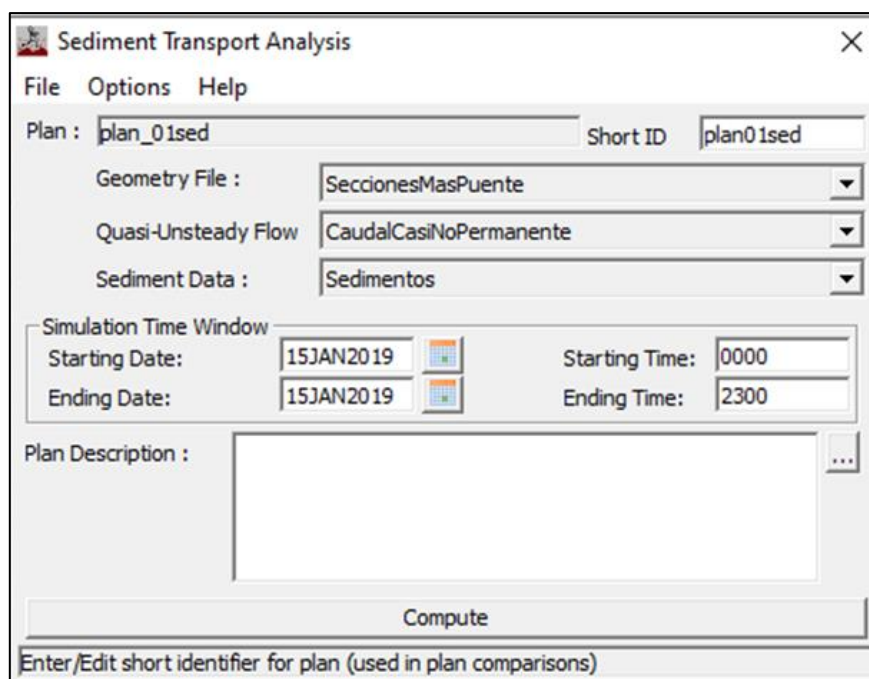


Figura 34. Determinación del tiempo para proceso de simulación de socavación hidráulica

Fuente. Elaboración propia

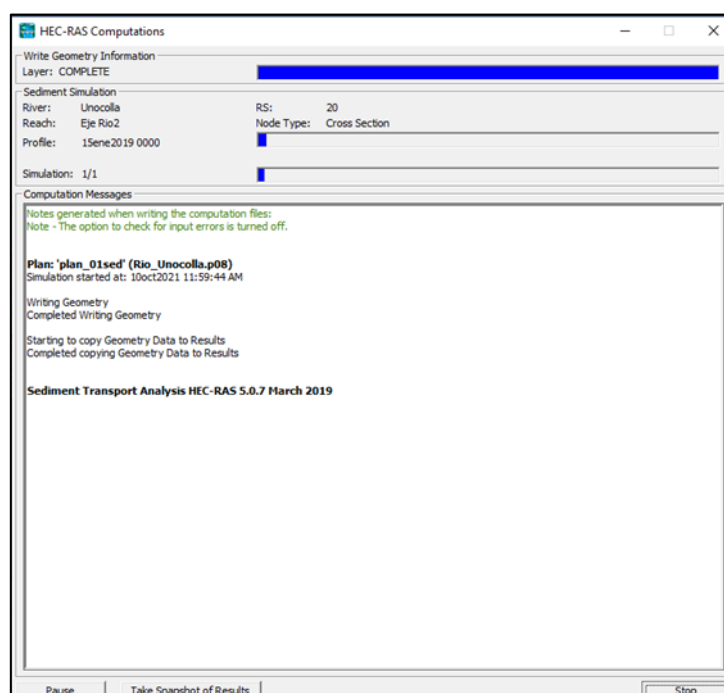


Figura 35. Inicio del proceso de simulación de socavación hidráulica

Fuente. Elaboración propia

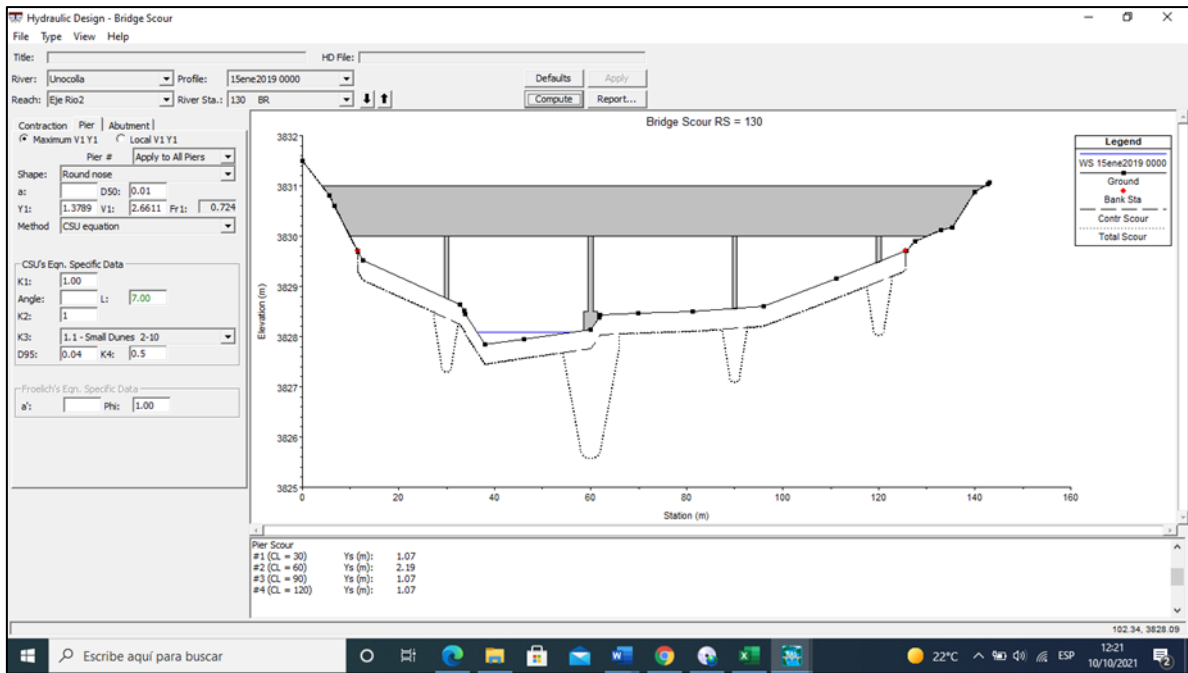


Figura 36. Proceso de simulación de socavación hidráulica para un periodo de retorno de 50 años

Fuente. Elaboración propia

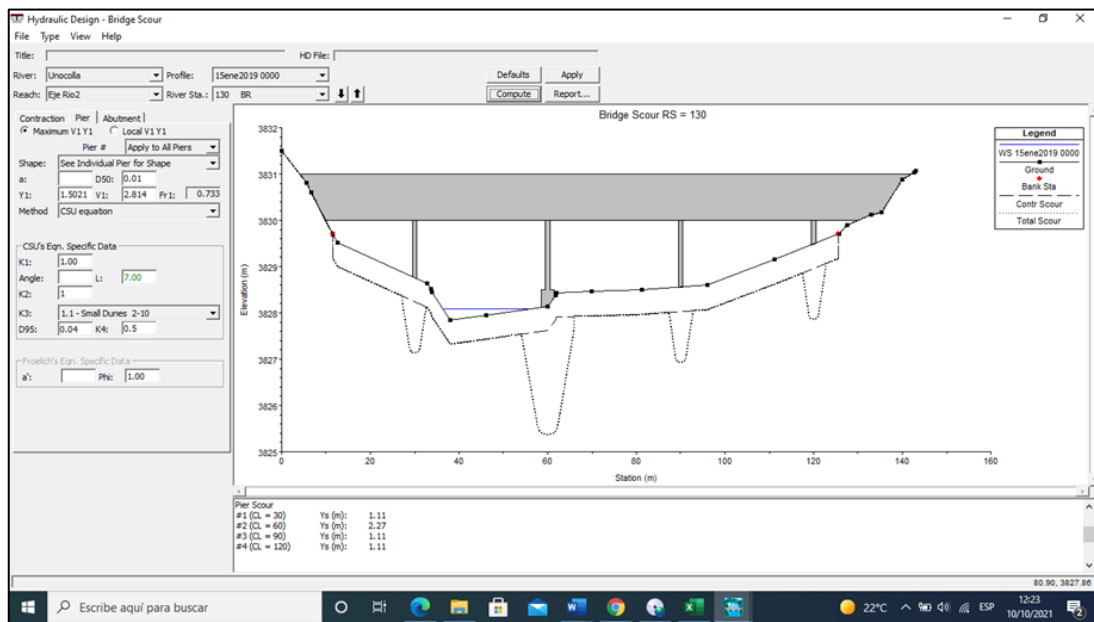


Figura 37. Proceso de simulación de socavación hidráulica para un periodo de retorno de 100 años

Fuente. Elaboración propia

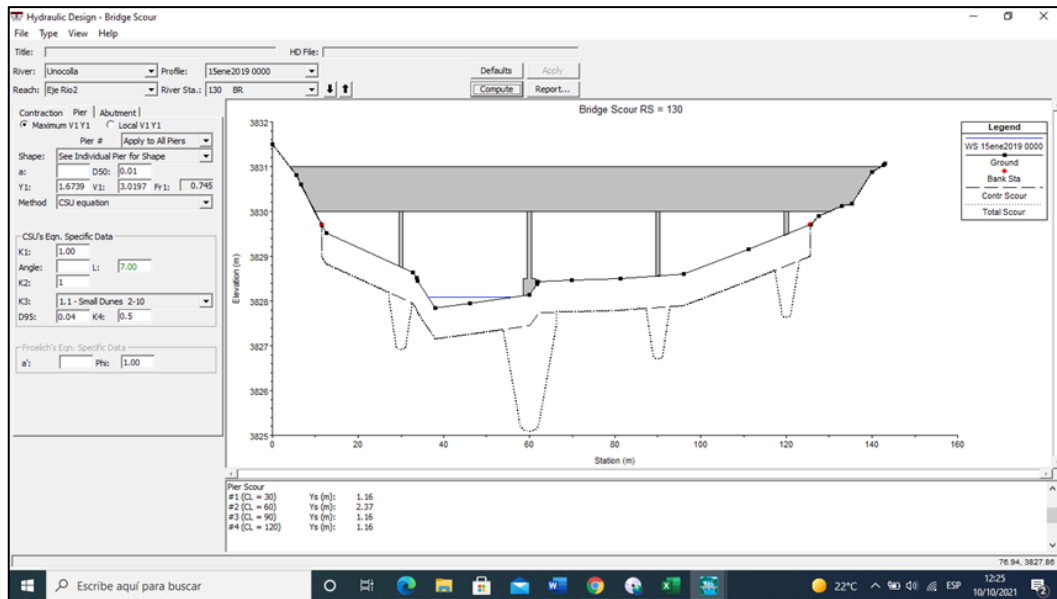


Figura 38. Proceso de simulación de socavación hidráulica para un periodo de retorno de 250 años

Fuente. Elaboración propia

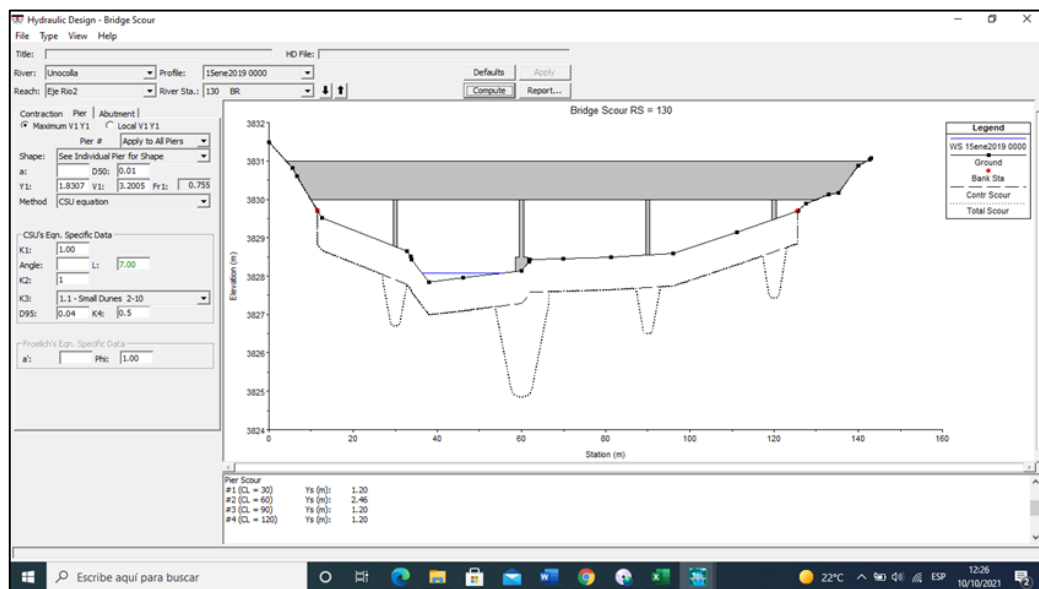


Figura 39. Proceso de simulación de socavación hidráulica para un periodo de retorno de 500 años

Fuente. Elaboración propia

Tabla 15. Resumen de los resultados del proceso de socavación hidráulica del puente Unocolla mediante el software HEC – RAS

| SOCAVACION EN LOS PILARES | | |
|---------------------------|--------|--|
| K1 = | 1.10 | Factor de forma del pilar. |
| K2 = | 1.00 | Factor del ángulo de ataque. |
| K3 = | 1.10 | Factor de corrección por rugosidad del fondo. |
| K4 = | 0.50 | Factor de corrección por gradación de materiales (acorzamiento). |
| B = | 3 m | Ancho del pilar |
| L = | 7 m | Largo del pilar |
| D50 = | 0.01mm | |
| D95 = | 0.04mm | |

| SOCAVACION DE PILARES PUENTE UNOCOLLA | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|-------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| tr | yn | Q | V(m/s) | F | P1 Ys (m) | P2 Ys (m) | P3 Ys (m) | P4 Ys (m) |
| 500 | 1.8307 | 751.1 | 3.2005 | 0.7558 | 1.200 | 2.460 | 1.200 | 1.200 |
| 250 | 1.6739 | 647.9 | 3.0197 | 0.7457 | 1.160 | 2.370 | 1.160 | 1.160 |
| 100 | 1.5021 | 541.7 | 2.8140 | 0.7335 | 1.110 | 2.270 | 1.110 | 1.110 |
| 50 | 1.3789 | 470.2 | 2.6611 | 0.7240 | 1.070 | 2.190 | 1.070 | 1.070 |
| 25 | 1.2652 | 407.8 | 2.5155 | 0.7144 | 1.025 | 2.095 | 1.025 | 1.025 |
| 10 | 1.1272 | 336.8 | 2.3322 | 0.7017 | 0.981 | 2.004 | 0.981 | 0.981 |
| 5 | 1.0297 | 289.9 | 2.1978 | 0.6918 | 0.937 | 1.913 | 0.937 | 0.937 |
| 3 | 0.9584 | 257.4 | 2.0966 | 0.6840 | 0.893 | 1.822 | 0.893 | 0.893 |
| 2 | 0.899 | 231.5 | 2.0103 | 0.6772 | 0.849 | 1.731 | 0.849 | 0.849 |

Fuente. Elaboración propia

ANEXO 6: Proceso de enrocado

Para la propuesta de enrocado para evitar el proceso de socavación hidráulica, tomaremos en consideración los métodos propuestos por HEC – 18 (1993) quien aduce que los puentes deben ser construidos para ser estructuralmente estables y que el proceso de enrocado no evitará consecuentemente el proceso de socavación y quien aduce que las rocas que van a colocarse alrededor de los pilares deben alinearse con el recorrido de la corriente durante la vida útil de la estructura o en todo caso debe colocarse aguas arriba de cada pilar.

MÉTODO PROPUESTO EN HEC – 18 (1993)

$$D_{50} = \frac{0.692(KV)^2}{2g(G_s - 1)}$$

Dónde:

D_{50} = Diámetro medio de la roca (m).

K = Coeficiente de forma del pilar.

(K=1.5 para pilas con nariz redondeada y 1.7 para pilares con nariz rectangular)

V = Velocidad de flujo sobre el pilar (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

Gs= Densidad relativa de la roca, usualmente 2.65

El situar enrocados cerca de los pilares es la elección que más reduce la hondura de socavación local. Se sitúa el enrocado por lo menos 2 veces el ancho de la pila. En caso de continuar presentando socavación debería reponerse las piedras. El espesor mínimo del enrocado es 3 veces el diámetro D50 de la piedra. La iniciativa de enrocado ayuda a reducir el proceso de socavación.

Tabla 16. Tabla de cálculo del diámetro de roca para enrocado propuesto por Hec 18

| Tr | V (m/s) | D50 |
|----|---------|------|
| 50 | 2.66 | 0.35 |

Fuente: Elaboración propia

Tomando como alusión a las magnitudes del procedimiento Hec-18 (1993). El diámetro promedio de la piedra es de 0.35 centímetros.. El método se basa en excavar 120 cm en el lecho del flujo de agua, que es más de 3 veces el diámetro de la piedra.

ANEXO 7: Estudio de suelos

| | | | |
|---|--|---------|----------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | | RUC: 206076337 |
| | CODIGO: | PAGINA: | |


PROYECTO: Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"

SOLICITANTE: Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR

"INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C.

| RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÁNICAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---------|------------------|------------------|---|------|--------|----------------------------|---------|------|-----|---------------|-----------|-----------------|------|----------|-------|-------|-----|
| N° DE REGISTRO | FECHA | MUESTRA | | ACCESO (m.) | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - % PASA TAMIZ | | | CONTENIDO DE HUMEDAD | LÍMITES | | | CLASIFICACIÓN | | PESO ESPECÍFICO | | PROCTOR | | CBR | |
| | | ESTRATO | PROFUNDIDAD | | 3" | No 4 | No 200 | | LL | LP | IP | SUSC | ASHTO | A.G. | A.F. | ABRASIÓN | M.D.S | O.C.H | 95% |
| CALICATAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CALICATA 01 | 14-07-21 | M- 01 | 0,30 m. - 1,40m. | — | 100,0 | 33,3 | 7,0 | 1,65 | 20,7 | NP | NP | GP - GM | A-1-a (0) | 2,39 | — | — | — | — | — |
| | 14-07-21 | M- 02 | 1,40 m. - 2,10m. | — | 100,0 | 23,6 | 4,7 | 3,30 | NP | NP | NP | GP | A-1-a (0) | 2,39 | — | — | — | — | — |
| | 14-07-21 | M- 03 | 2,10 m. - 2,50m. | — | 100,0 | 41,4 | 9,7 | 3,37 | 24,0 | 20,5 | 3,5 | GP - GM | A-1-a (0) | 2,39 | — | — | — | — | — |
| CALICATA 02 | 14-07-21 | M- 01 | 0,20 m. - 1,70m. | — | 100,0 | 33,9 | 3,9 | 3,09 | NP | NP | NP | GP | A-1-a (0) | 2,39 | — | — | — | — | — |
| | 14-07-21 | M- 02 | 1,70 m. - 2,20m. | — | 100,0 | 38,2 | 9,4 | 3,44 | 21,6 | NP | NP | GP | A-1-a (0) | 2,39 | — | — | — | — | — |
| | 14-07-21 | M- 03 | 2,20 m. - 2,50m. | — | 100,0 | 28,0 | 5,7 | 4,04 | NP | NP | NP | GP - GM | A-1-a (0) | 2,39 | — | — | — | — | — |
| CALICATA 03 | 14-07-21 | M- 01 | 0,20 m. - 0,80m. | — | 100,0 | 76,0 | 34,8 | 5,66 | 28,4 | 21,0 | 5,4 | SM - SC | A-2-4 (0) | 2,39 | — | — | — | — | — |
| | 14-07-21 | M- 02 | 0,60 m. - 1,50m. | — | 100,0 | 42,3 | 3,7 | 3,75 | NP | NP | NP | GW | A-1-a (0) | 2,39 | — | — | — | — | — |
| | 14-07-21 | M- 03 | 1,90 m. - 2,50m. | — | 100,0 | 32,8 | 2,2 | 3,78 | NP | NP | NP | GP | A-1-a (0) | 2,39 | — | — | — | — | — |


 Ing. Edwin Per Cárdena Guzmán
 INGENIERO CIVIL
 CIP. Nº 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | |
|---|--|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. | |

| |
|---|
| REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA |
|---|

| | |
|-----------------|---|
| PROYECTO | Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO" |
|-----------------|---|

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------------|---------|-----------------|------|-----------|-------------|---------|--|-----------|----------------------------|-------|-----------|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</td> <td style="text-align: center;">CALICATA 01</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MUESTRA</td> <td style="text-align: center;">TERRENO NATURAL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LADO</td> <td style="text-align: center;">IZQUIERDO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PROFUNDIDAD</td> <td style="text-align: center;">2.50 m.</td> </tr> </table> | DESCRIPCIÓN | CALICATA 01 | MUESTRA | TERRENO NATURAL | LADO | IZQUIERDO | PROFUNDIDAD | 2.50 m. | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">UBICACIÓN</td> <td>JULIACA - SAN ROMAN - PUNO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FECHA</td> <td>14/7/2021</td> </tr> </table> | UBICACIÓN | JULIACA - SAN ROMAN - PUNO | FECHA | 14/7/2021 |
| DESCRIPCIÓN | CALICATA 01 | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA | TERRENO NATURAL | | | | | | | | | | | | |
| LADO | IZQUIERDO | | | | | | | | | | | | |
| PROFUNDIDAD | 2.50 m. | | | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN | JULIACA - SAN ROMAN - PUNO | | | | | | | | | | | | |
| FECHA | 14/7/2021 | | | | | | | | | | | | |

| PROF. (m.) | SÍMBOLO | CLASIFICACIÓN | | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | Gravas | Arenas | Finos | Humedad | MUESTRA |
|---------------|---------|---------------|--------|--------------------------|--------|--------|-------|---------|---------|
| | | SUCS | AASHTO | | (%) | (%) | (%) | (%) | |
| 0.10 | | | | LIMPIEZA | | | | | |
| 0.20 | | | | | | | | | |
| 0.30 | | | | | | | | | |
| 0.40 | | | | | | | | | |
| 0.50 | | | | | | | | | |
| 0.60 | | | | | | | | | |
| 0.70 | | | | | | | | | |
| 0.80 | | | | | | | | | |
| 0.90 | | | | | | | | | |
| 1.00 | | | | | | | | | |
| 1.10 | | | | | | | | | |
| 1.20 | | | | | | | | | |
| 1.30 | | | | | | | | | |
| 1.40 | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | | |
| 1.60 | | | | | | | | | |
| 1.70 | | | | | | | | | |
| 1.80 | | | | | | | | | |
| 1.90 | | | | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | | | | |
| 2.10 | | | | | | | | | |
| 2.20 | | | | | | | | | |
| 2.30 | | | | | | | | | |
| 2.40 | | | | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | | | | |
| 2.60 | | | | | | | | | |
| 2.70 | | | | | | | | | |
| 2.80 | | | | | | | | | |
| 2.90 | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | |



 Ing. Edwin Yocel Chocde Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|-----------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | 'INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT' S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : | 1 |

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

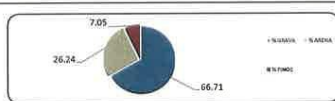
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
 SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
 DESCRIPCIÓN : CALICATA 01
 MUESTRA : M - 01
 LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
 FECHA : 14/7/2021
 PROFUNDIDAD : 0.30 m. - 1.40m.

| | | | | | | | |
|---------------|--|--|--|--|---|--------|-------|
| TAMANO MAXIMO | | | | | : | 2 1/2 | Pulg. |
| PESO INICIAL | | | | | : | 7694.0 | gr. |
| FRACCIÓN | | | | | : | 500.0 | gr. |

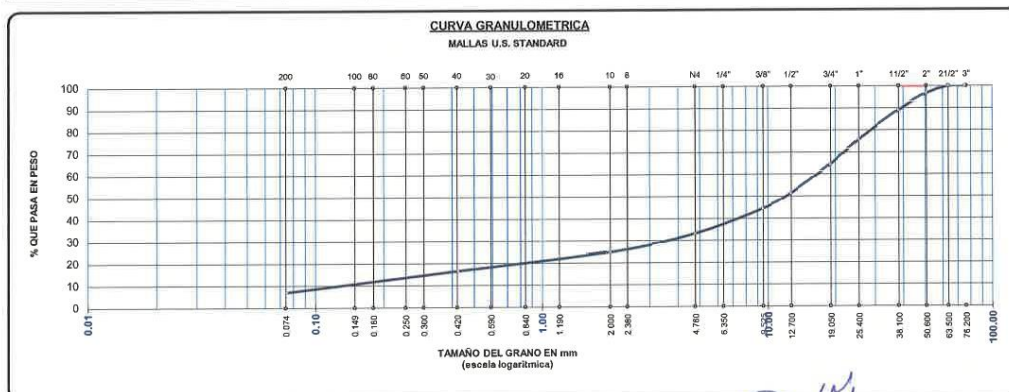
| TAMIZ ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA | MTC | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------|-----|------------------------------------|
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 1.65 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE LÍQUIDO (LL) : 20.71 |
| 2" | 50.800 | 246.00 | 3.20 | 3.20 | 96.80 | | LÍMITE PLÁSTICO (LP) : NP |
| 1 1/2" | 38.100 | 598.00 | 7.77 | 10.97 | 89.03 | | ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : NP |
| 1" | 25.400 | 1020.00 | 13.26 | 24.23 | 75.77 | | CLASIFICACIÓN (SUCS) : GP - GM |
| 3/4" | 19.000 | 868.00 | 11.28 | 35.51 | 64.49 | | CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-1-a (0) |
| 1/2" | 12.700 | 1004.00 | 13.05 | 48.56 | 51.44 | | |
| 3/8" | 9.500 | 532.00 | 6.91 | 55.47 | 44.53 | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No4 | 4.750 | 865.00 | 11.24 | 66.71 | 33.29 | | |
| No8 | 2.380 | | | | | | |
| No10 | 2.000 | 639.99 | 8.32 | 75.03 | 24.97 | | |
| No16 | 1.190 | | | | | | |
| No20 | 0.840 | | | | | | |
| No30 | 0.590 | | | | | | |
| No40 | 0.425 | 646.40 | 8.40 | 83.43 | 16.57 | | |
| No 50 | 0.300 | | | | | | |
| No60 | 0.260 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | | | | | | |
| No200 | 0.075 | 732.39 | 9.52 | 92.95 | 7.05 | | |
| BASE | | 542.21 | 7.05 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 7694.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 7.05 | 0.09 | | | | |




Legend:
■ GRAVA
■ ARENA
■ FINOS

| | | | | | |
|---------|-------|---------|-------|---------|--------|
| % GRAVA | 66.71 | % ARENA | 26.24 | % FINOS | 7.05 |
| D 10 = | 0.184 | D 30 = | 3.670 | D 60 = | 16.831 |
| Cu = | 91.69 | Cc = | 4.36 | | |

| | | | | | |
|-----------------|--|--|--|--|--|
| OBSERVACIONES : | | | | | |
|-----------------|--|--|--|--|--|




 Ing. Edwin Yoel Choque Guzmán
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 2 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
DESCRIPCIÓN : CALICATA 01
MUESTRA : M - 01
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
FECHA : 14/7/2021
PROFUNDIDAD : 0.30 m. - 1.40m.

| DESCRIPCIÓN | UNID. |
|------------------------------------|-------------|
| Nro. DEL RECIPIENTE | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 % |
| PROMEDIO | % |

| HUMEDAD NATURAL | | |
|-----------------|--------|--------|
| 14 | 15 | 16 |
| 448.20 | 482.90 | 449.80 |
| 444.21 | 474.28 | 442.30 |
| 45.56 | 46.74 | 46.18 |
| 3.99 | 8.64 | 7.60 |
| 398.65 | 427.52 | 396.12 |
| 1.00 | 2.02 | 1.92 |
| 1.65 | | |


 Ing. Edwin Yosi Chique Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|-----------|----------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : | 3 |

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

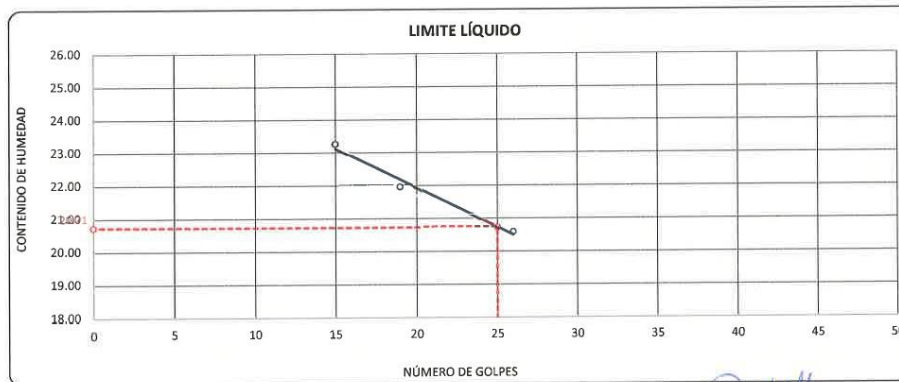
PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 01
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 01
PROFUNDIDAD : 0.30 m. - 1.40m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. |
|------------------------------------|-------------|
| Nro. DEL RECIPIENTE | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 % |
| Nro.DE GOLPES | |
| PROMEDIO | % |

| LÍMITE LÍQUIDO | | |
|----------------|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 |
| 63.99 | 63.75 | 69.05 |
| 61.08 | 60.99 | 65.95 |
| 46.57 | 48.40 | 50.87 |
| 2.91 | 2.76 | 3.10 |
| 12.51 | 12.59 | 15.08 |
| 23.26 | 21.92 | 20.56 |
| 15 | 19 | 26 |

| LÍMITE PLÁSTICO |
|-----------------|
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |

| RESULTADOS / PARAMETROS | LL | LP | IP | % W |
|---------------------------|------|----|----|------|
| OBTENIDOS | 20.7 | NP | NP | 1.65 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | | | | |





 Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | | VERSIÓN : | |
| | INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C. | PAGINA : 1 | |

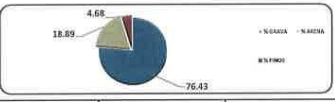
ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

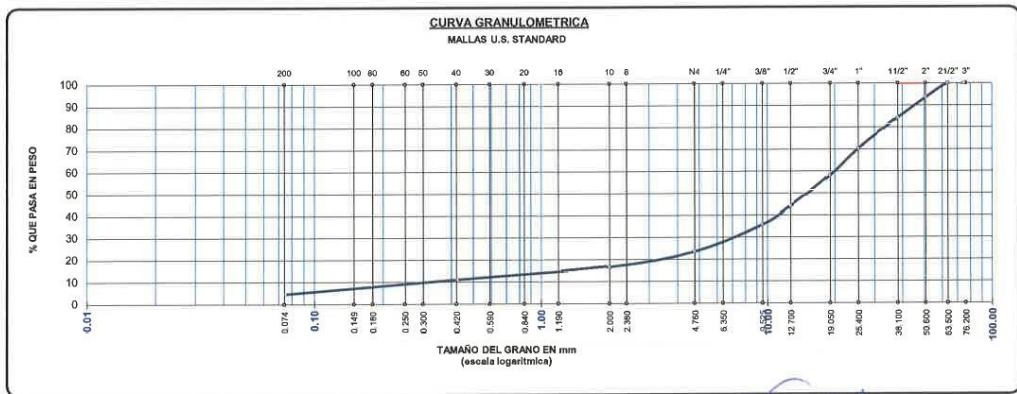
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
 SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
 DESCRIPCIÓN : CALICATA 01
 MUESTRA : M - 02
 LUGAR : PUENTE UNOCOLLA


UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
 FECHA : 14/7/2021
 PROFUNDIDAD : 1.40 m. - 2.10m.

| | | | | | | | | | |
|---------------|--|--|--|--|--|--------|-------|--|--|
| TAMAÑO MAXIMO | | | | | | 2 1/2 | Pulg. | | |
| PESO INICIAL | | | | | | 8580.0 | gr. | | |
| FRACCIÓN | | | | | | 500.0 | gr. | | |

| TAMIZ ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA | MTC | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | | |
|------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------|-----|--|------------|-----------|-------|---------|--------|------|--|
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CONTENIDO DE HUMEDAD | (%) : | 3.30 | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LIMITE LÍQUIDO | (LL) : | NP | | | | | |
| 2" | 50.800 | 546.00 | 6.36 | 6.36 | 93.64 | | LIMITE PLÁSTICO | (LP) : | NP | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | 792.00 | 9.23 | 15.59 | 84.41 | | ÍNDICE PLÁSTICO | (IP) : | NP | | | | | |
| 1" | 25.400 | 1198.00 | 13.96 | 29.56 | 70.44 | | CLASIFICACIÓN | (SUCS) : | GP | | | | | |
| 3/4" | 19.000 | 1068.00 | 12.45 | 42.00 | 58.00 | | CLASIFICACIÓN | (AASHTO) : | A-1-a (0) | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | 1183.00 | 13.79 | 55.79 | 44.21 | | <div><p>76.43 18.89 4.68</p><p>GRAVA ARENA FINOS</p></div> | | | | | | | |
| 3/8" | 9.500 | 729.00 | 8.50 | 64.29 | 35.71 | | | | | | | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | | | | | | | | |
| No4 | 4.750 | 1042.00 | 12.14 | 76.43 | 23.57 | | | | | | | | | |
| No6 | 2.380 | | | | | | | | | | | | | |
| No10 | 2.000 | 587.31 | 6.85 | 83.28 | 16.72 | | % GRAVA | 76.43 | % ARENA | 18.89 | % FINOS | 4.68 | | |
| No16 | 1.190 | | | | | | D 10 = | 0.363 | D 30 = | 7.271 | D 60 = | 20.031 | | |
| No20 | 0.840 | | | | | | Cu = | | 55.14 | | Cc = | | 7.27 | |
| No30 | 0.590 | | | | | | OBSERVACIONES : | | | | | | | |
| No40 | 0.425 | 478.97 | 5.58 | 88.86 | 11.14 | | | | | | | | | |
| No 50 | 0.300 | | | | | | | | | | | | | |
| No60 | 0.260 | | | | | | | | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | | | | | | | | |
| No100 | 0.149 | | | | | | | | | | | | | |
| No200 | 0.075 | 554.15 | 6.46 | 95.32 | 4.68 | | | | | | | | | |
| BASE | | 401.57 | 4.68 | 100.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| TOTAL | | 8580.00 | 100.00 | | | | | | | | | | | |
| % PERDIDA | | 4.68 | 0.05 | | | | | | | | | | | |




 Ing. Edwin Noel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | 'INGENIERIA Y GEOTECNIA YOCAT' S.A.S. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 2 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 01
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 02
PROFUNDIDAD : 1.40 m. - 2.10m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. | |
|------------------------------------|-----------|-----|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % |
| PROMEDIO | | % |

| HUMEDAD NATURAL | | |
|-----------------|--------|--------|
| 23 | 24 | 25 |
| 503.90 | 549.10 | 546.70 |
| 491.44 | 531.62 | 529.70 |
| 48.17 | 45.80 | 42.39 |
| 12.46 | 17.48 | 17.00 |
| 443.27 | 485.82 | 487.31 |
| 2.81 | 3.60 | 3.49 |
| 3.30 | | |


 Ing. Edmundo Yocel Yaque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 229714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|-----------|----------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : | 3 |

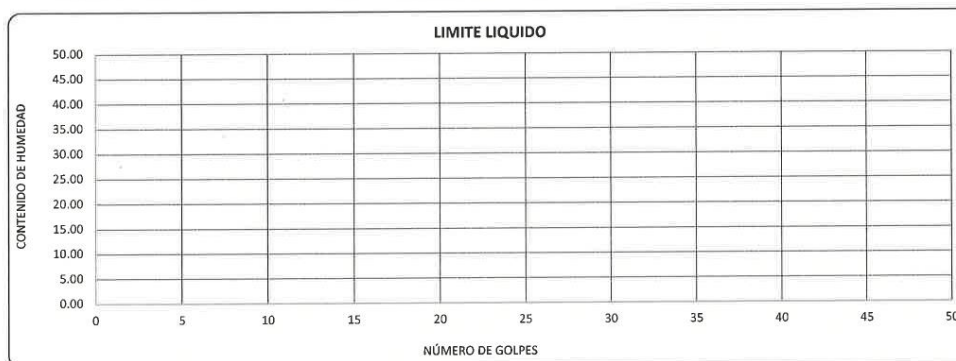
LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 01
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 02
PROFUNDIDAD : 1.40 m. - 2.10m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. | LIMITE LÍQUIDO | LIMITE PLÁSTICO |
|------------------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A gr. | NP | NP |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B gr. | | |
| PESO DEL RECIPIENTE | C gr. | | |
| PESO DEL AGUA | D=A-B gr. | | |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C gr. | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 % | | |
| Nro.DE GOLPES | | | |
| PROMEDIO | % | | |

| RESULTADOS / PARAMETROS | LL | LP | IP | % W |
|---------------------------|----|----|----|------|
| OBTENIDOS | NP | NP | NP | 3.30 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | | | | |




 Ing. Edwin Vael Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|-----------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | 'INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT' S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : | 1 |

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"

SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

DESCRIPCIÓN : CALICATA 01

FECHA : 14/7/2021

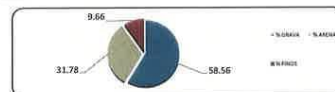
MUESTRA : M - 03

PROFUNDIDAD : 2.10 m. - 2.50m.

LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

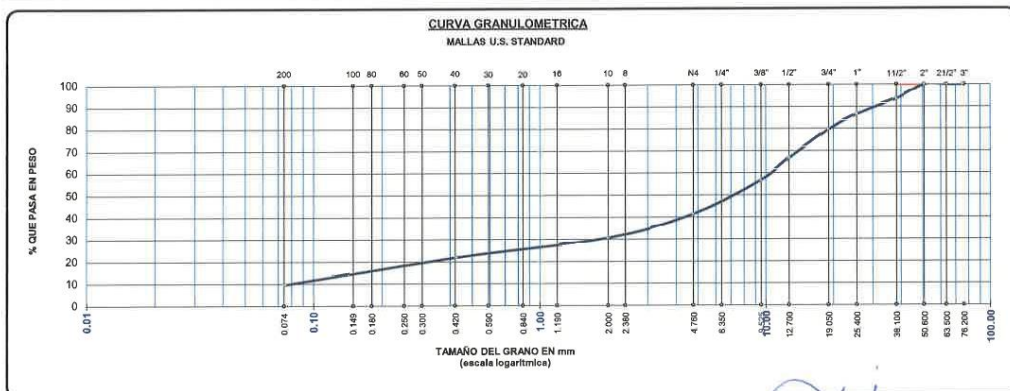
| | | | |
|---------------|---|--------|-------|
| TAMAÑO MAXIMO | : | 2 | Pulg. |
| PESO INICIAL | : | 7830.0 | gr. |
| FRACCIÓN | : | 500.0 | gr. |

| TAMIZ ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA | MTG | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------|-----|------------------------------------|
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 3.37 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE LÍQUIDO (LL) : 24.00 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE PLÁSTICO (LP) : 20.53 |
| 1 1/2" | 38.100 | 498.00 | 6.36 | 6.36 | 93.64 | | ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : 3.47 |
| 1" | 25.400 | 546.00 | 6.97 | 13.33 | 86.67 | | CLASIFICACIÓN (SUCS) : GP - GM |
| 3/4" | 19.000 | 555.00 | 7.09 | 20.42 | 79.58 | | CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-1-a (0) |
| 1/2" | 12.700 | 1002.00 | 12.80 | 33.22 | 66.78 | | |
| 3/8" | 9.500 | 785.00 | 10.03 | 43.24 | 56.76 | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No4 | 4.750 | 1199.00 | 15.31 | 58.56 | 41.44 | | |
| No8 | 2.380 | | | | | | |
| No10 | 2.000 | 838.70 | 10.71 | 69.27 | 30.73 | | |
| No16 | 1.180 | | | | | | |
| No20 | 0.840 | | | | | | |
| No30 | 0.590 | | | | | | |
| No40 | 0.425 | 685.34 | 8.75 | 78.02 | 21.98 | | |
| No 60 | 0.300 | | | | | | |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | | | | | | |
| No200 | 0.075 | 964.61 | 12.32 | 90.34 | 9.66 | | |
| BASE | | 756.34 | 9.66 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 7830.00 | | | | | |
| % PERDIDA | | 9.66 | 0.12 | | | | |




| | | | | | |
|---------|--------|---------|-------|---------|--------|
| % GRAVA | 31.78 | % ARENA | 58.56 | % FINOS | 9.66 |
| D 10 = | 0.085 | D 30 = | 1.868 | D 60 = | 10.535 |
| Cu = | 124.43 | Cc = | 3.91 | | |

OBSERVACIONES :



Ing. Edwin Yocel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 2 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : Tests: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
DESCRIPCIÓN : CALICATA 01
MUESTRA : M - 03
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
FECHA : 14/7/2021
PROFUNDIDAD : 2.10 m. - 2.50m.

| DESCRIPCIÓN | UNID. | |
|------------------------------------|-----------|-----|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % |
| PROMEDIO | | % |

| HUMEDAD NATURAL | | |
|-----------------|--------|--------|
| 40 | 41 | 42 |
| 416.40 | 412.70 | 532.80 |
| 405.01 | 400.41 | 516.71 |
| 48.58 | 49.77 | 50.86 |
| 11.39 | 12.29 | 15.90 |
| 356.43 | 350.64 | 466.05 |
| 3.20 | 3.51 | 3.41 |
| 3.37 | | |


 Ing. Edwin Yael Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|-----------|----------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : | 3 |

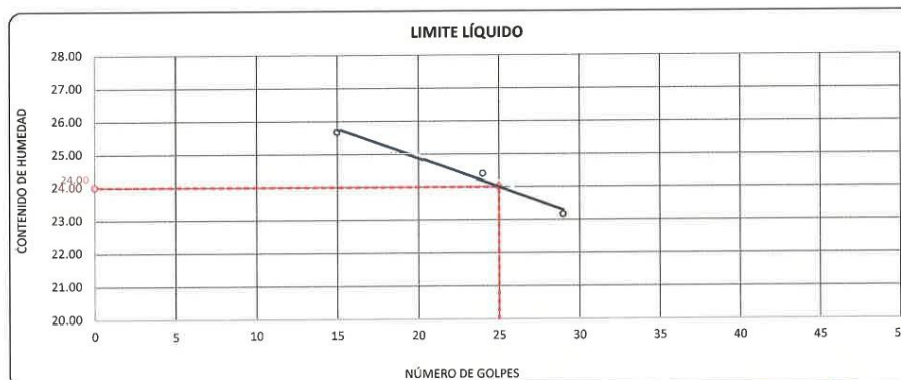
LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR **UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 01 **FECHA** : 14/7/2021
MUESTRA : M - 03 **PROFUNDIDAD** : 2.10 m. - 2.50m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | | | UNID. | | | LÍMITE LÍQUIDO | | | LÍMITE PLÁSTICO | |
|------------------------------------|-----------|-----|-------|--|--|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | | | | | 9 | 10 | 11 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. | | | | 64.03 | 67.52 | 65.13 | 26.98 | 28.07 |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. | | | | 60.90 | 63.88 | 61.54 | 26.03 | 27.07 |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. | | | | 48.71 | 48.95 | 46.04 | 21.43 | 22.17 |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. | | | | 3.13 | 3.64 | 3.59 | 0.95 | 1.00 |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. | | | | 12.19 | 14.93 | 15.50 | 4.60 | 4.90 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % | | | | 25.68 | 24.38 | 23.16 | 20.65 | 20.41 |
| Nro.DE GOLPES | | | | | | 15 | 24 | 29 | | |
| PROMEDIO | | % | | | | | | | 20.53 | |

| RESULTADOS / PARAMETROS | LL | LP | IP | % W |
|---------------------------|------|------|-----|------|
| OBTENIDOS | 24.0 | 20.5 | 3.5 | 3.37 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | | | | |




 Ing. Edwin Noel Chochoe Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | |
|---|---|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. |

REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA

| | |
|----------|---|
| PROYECTO | Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO" |
|----------|---|

| | | | |
|-------------|-----------------|-----------|----------------------------|
| DESCRIPCIÓN | CALICATA 02 | UBICACIÓN | JULIACA - SAN ROMAN - PUNO |
| MUESTRA | TERRENO NATURAL | FECHA | 14/7/2021 |
| LADO | CENTRO | | |
| PROFUNDIDAD | 2.50 m. | | |

| PROF. | SÍMBOLO | CLASIFICACIÓN | | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | Gravas | Arenas | Finos | Humedad | MUESTRA |
|--------|---------|---------------|-----------|--|--------|--------|-------|---------|---------|
| | | SUCS | AASHTO | | (%) | (%) | (%) | (%) | |
| (m.) | | | | | | | | | |
| 0.10 | | LIMPIEZA | | | | | | | |
| 0.20 | | | | | | | | | |
| 0.30 | | | | | | | | | |
| 0.40 | | | | | | | | | |
| 0.50 | | | | | | | | | |
| 0.60 | | | | | | | | | |
| 0.70 | | | | | | | | | |
| 0.80 | | | | | | | | | |
| 0.90 | | | | | | | | | |
| 1.00 | | GP | A-1-a (0) | Grava mal graduada, mezcla de arena - grava con poco cantidad de material fino | 66.14 | 29.94 | 3.92 | 3.09 | M - 01 |
| 1.10 | | | | | | | | | |
| 1.20 | | | | | | | | | |
| 1.30 | | | | | | | | | |
| 1.40 | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | | |
| 1.60 | | | | | | | | | |
| 1.70 | | | | | | | | | |
| 1.80 | | | | | | | | | |
| 1.90 | | GP | A-1-a (0) | Grava mal graduada, mezcla de arena - grava con poco cantidad de material fino | 63.82 | 26.83 | 9.35 | 3.44 | M - 02 |
| 2.00 | | | | | | | | | |
| 2.10 | | | | | | | | | |
| 2.20 | | | | | | | | | |
| 2.30 | | GP - GM | A-1-a (0) | Grava pobremente graduada con presencia de Limo Inorganico | 71.96 | 22.31 | 5.73 | 4.04 | M - 03 |
| 2.40 | | | | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | | | | |
| 2.60 | | | | | | | | | |
| 2.70 | | | | | | | | | |
| 2.80 | | | | | | | | | |
| 2.90 | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | |


 Ing. Edwin Noel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC - 20606762357

'INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT' S.A.C.

PAGINA : 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"

SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

DESCRIPCIÓN : CALICATA 02

FECHA : 14/7/2021

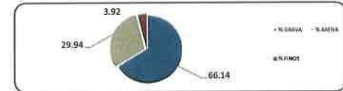
MUESTRA : M - 01

PROFUNDIDAD : 0.20 m. - 1.70m.

LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| | | | |
|---------------|---|--------|-------|
| TAMAÑO MÁXIMO | : | 2 | Pulg. |
| PESO INICIAL | : | 7520.0 | gr. |
| FRACCIÓN | : | 500.0 | gr. |

| TAMIZ ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA | MTC | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------|-----|------------------------------------|
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 3.09 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE LÍQUIDO (LL) : NP |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE PLÁSTICO (LP) : NP |
| 1 1/2" | 38.100 | 490.00 | 6.52 | 6.52 | 93.48 | | ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : NP |
| 1" | 25.400 | 785.00 | 10.44 | 16.96 | 83.05 | | CLASIFICACIÓN (SUCS) : GP |
| 3/4" | 19.000 | 723.00 | 9.61 | 26.57 | 73.43 | | CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-1-a (0) |
| 1/2" | 12.700 | 1136.00 | 15.11 | 41.68 | 58.32 | | |
| 3/8" | 9.500 | 720.00 | 9.57 | 51.25 | 48.75 | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No4 | 4.750 | 1120.00 | 14.89 | 66.14 | 33.86 | | |
| No8 | 2.380 | | | | | | |
| No10 | 2.000 | 790.48 | 10.51 | 76.66 | 23.34 | | |
| No16 | 1.190 | | | | | | |
| No20 | 0.840 | | | | | | |
| No30 | 0.590 | | | | | | |
| No40 | 0.425 | 624.79 | 8.31 | 84.96 | 15.04 | | |
| No50 | 0.300 | | | | | | |
| No60 | 0.260 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | | | | | | |
| No200 | 0.075 | 836.00 | 11.12 | 96.08 | 3.92 | | |
| BASE | | 294.72 | 3.92 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 7520.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 3.92 | 0.05 | | | | |

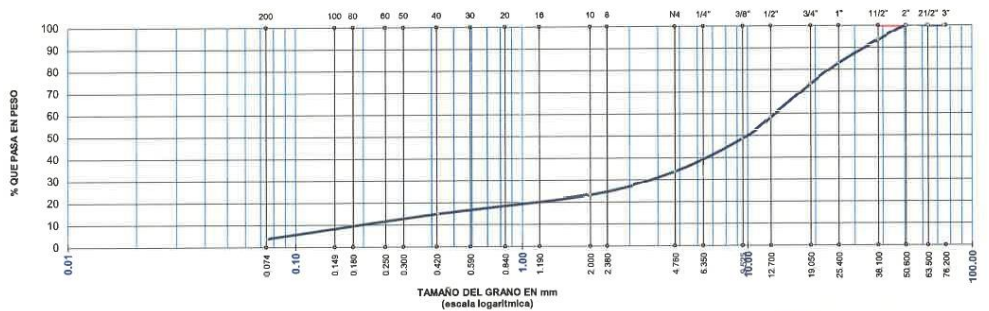


| | | | | | |
|---------|-------|---------|-------|---------|------|
| % GRAVA | 66.14 | % ARENA | 29.94 | % FINOS | 3.92 |
|---------|-------|---------|-------|---------|------|


| | | | | | |
|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| D 10 = | 0.266 | D 30 = | 3.747 | D 60 = | 13.399 |
|--------|-------|--------|-------|--------|--------|

| | | | |
|------|-------|------|------|
| Cu = | 50.29 | Cc = | 3.93 |
|------|-------|------|------|

OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMÉTRICA
MALLAS U.S. STANDARD

Ing. Edwin Yoel Choque Guzmán
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 2 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 02
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 01
PROFUNDIDAD : 0.20 m. - 1.70m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. | |
|------------------------------------|-----------|-----|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % |
| PROMEDIO | | % |

| HUMEDAD NATURAL | | |
|-----------------|--------|--------|
| 50 | 51 | 52 |
| 503.60 | 437.80 | 501.70 |
| 489.78 | 426.37 | 488.97 |
| 57.74 | 57.74 | 57.74 |
| 13.83 | 11.44 | 12.74 |
| 432.04 | 368.63 | 431.23 |
| 3.20 | 3.10 | 2.95 |
| 3.09 | | |


 Ingeniero Civil
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|---|--|------------------------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.S. | CODIGO : VERSIÓN : PAGINA : 3 | RUC - 20606762357 |
|---|---|--|------------------------------------|

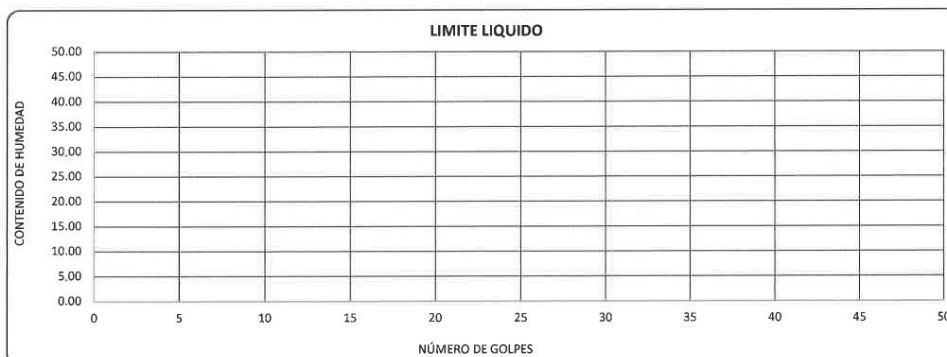
LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 02
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 01
PROFUNDIDAD AD : 0.20 m. - 1.70m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO |
|------------------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A gr. | NP | NP |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B gr. | | |
| PESO DEL RECIPIENTE | C gr. | | |
| PESO DEL AGUA | D=A-B gr. | | |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C gr. | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 % | | |
| Nro. DE GOLPES | | | |
| PROMEDIO | % | | |

| RESULTADOS / PARAMETROS | LL | LP | IP | % W |
|---------------------------|----|----|----|------|
| OBTENIDOS | NP | NP | NP | 3.09 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | | | | |




 Ing. Edwin Noel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | 'INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT' S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 1 | |

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

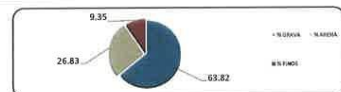
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
 SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
 DESCRIPCIÓN : CALICATA 02
 MUESTRA : M - 02
 LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
 FECHA : 14/7/2021
 PROFUNDIDAD : 1.70 m. - 2.20m.

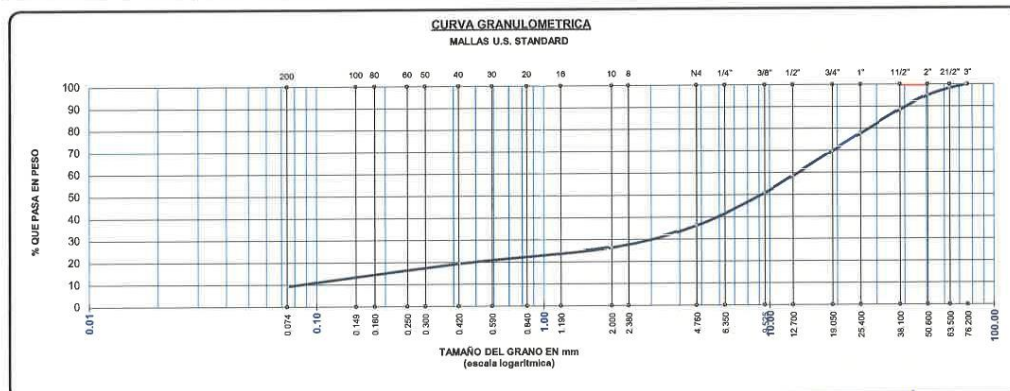
| | | | |
|---------------|---|--------|-------|
| TAMAÑO MAXIMO | : | 3 | Pulg. |
| PESO INICIAL | : | 8930.0 | gr. |
| FRACCIÓN | : | 500.0 | gr. |

| TAMIZ ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA | MTS | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------|-----|------------------------------------|
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 3.44 |
| 2 1/2" | 63.500 | 145.00 | 1.62 | 1.62 | 98.38 | | LÍMITE LÍQUIDO (LL) : 21.56 |
| 2" | 50.800 | 291.00 | 3.26 | 4.88 | 95.12 | | LÍMITE PLÁSTICO (LP) : NP |
| 1 1/2" | 38.100 | 586.00 | 6.56 | 11.44 | 88.56 | | ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : NP |
| 1" | 25.400 | 968.00 | 10.84 | 22.28 | 77.72 | | CLASIFICACIÓN (SUCS) : GP |
| 3/4" | 19.000 | 714.00 | 8.00 | 30.28 | 69.72 | | CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-1-a (0) |
| 1/2" | 12.700 | 1003.00 | 11.23 | 41.51 | 58.49 | | |
| 3/8" | 9.500 | 684.00 | 7.66 | 49.17 | 50.83 | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No4 | 4.750 | 1308.00 | 14.65 | 63.82 | 36.18 | | |
| No8 | 2.380 | | | | | | |
| No10 | 2.000 | 875.21 | 9.80 | 73.62 | 26.38 | | |
| No16 | 1.190 | | | | | | |
| No20 | 0.840 | | | | | | |
| No30 | 0.590 | | | | | | |
| No40 | 0.425 | 626.43 | 7.01 | 80.63 | 19.37 | | |
| No 50 | 0.300 | | | | | | |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | | | | | | |
| No200 | 0.075 | 894.34 | 10.02 | 90.65 | 9.35 | | |
| BASE | | 835.02 | 9.35 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 8930.00 | | | | | |
| % PERDIDA | | 9.35 | 0.10 | | | | |




| | | | | | |
|---------|--------|---------|-------|---------|--------|
| % GRAVA | 63.82 | % ARENA | 26.83 | % FINOS | 9.35 |
| D 10 = | 0.098 | D 30 = | 3.019 | D 60 = | 13.548 |
| Cu = | 138.68 | Cc = | 6.89 | | |

OBSERVACIONES :



Ing. Edwin Yoel Chirino Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.S. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 2 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : Tests: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCACCIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
DESCRIPCIÓN : CALICATA 02
MUESTRA : M - 02
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
FECHA : 14/7/2021
PROFUNDIDAD : 1.70 m. - 2.20m.

| DESCRIPCIÓN | UNID. | |
|------------------------------------|-----------|-----|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % |
| PROMEDIO | | % |

| HUMEDAD NATURAL | | |
|-----------------|--------|--------|
| 10 | 11 | 12 |
| 459.50 | 421.70 | 583.90 |
| 446.43 | 408.91 | 546.39 |
| 49.02 | 45.79 | 48.08 |
| 13.07 | 12.79 | 17.51 |
| 397.41 | 363.12 | 498.31 |
| 3.29 | 3.52 | 3.51 |
| 3.44 | | |


 Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|-----------|----------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : | 3 |

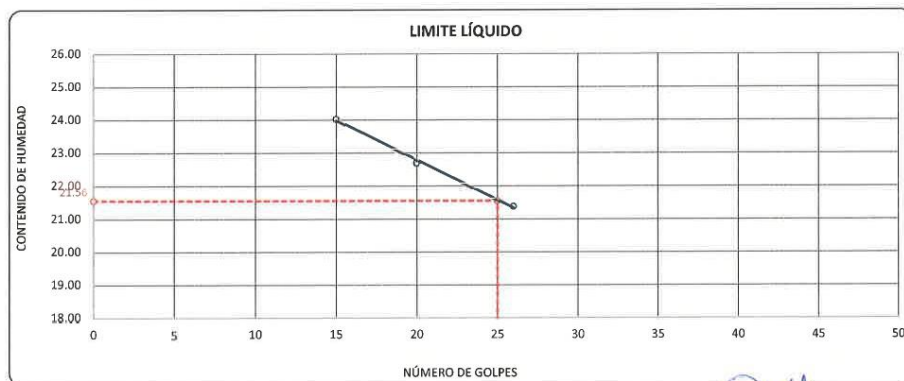
LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 02
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 02
PROFUNDIDAD : 1.70 m. - 2.20m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | | | UNID. | | | LÍMITE LÍQUIDO | | | LÍMITE PLÁSTICO | |
|------------------------------------|-----------|-----|-------|--|--|----------------|-------|-------|-----------------|--|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | | | | | 4 | 5 | 6 | NP | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. | | | | 62.75 | 66.34 | 68.99 | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. | | | | 59.79 | 63.06 | 65.80 | | |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. | | | | 47.47 | 48.60 | 50.86 | | |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. | | | | 2.96 | 3.28 | 3.19 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. | | | | 12.32 | 14.46 | 14.94 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % | | | | 24.03 | 22.68 | 21.35 | | |
| Nro. DE GOLPES | | | | | | 15 | 20 | 25 | | |
| PROMEDIO | | % | | | | | | | | |

| RESULTADOS / PARAMETROS | LL | LP | IP | % W |
|---------------------------|------|----|----|------|
| OBTENIDOS | 21.6 | NP | NP | 3.44 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | | | | |




 Ing. Edwin Yael Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CODIGO :

VERSIÓN :

RUC - 20606762357

'INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT' S.A.C.

PAGINA : 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"

SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

DESCRIPCIÓN : CALICATA 02

FECHA : 14/7/2021

MUESTRA : M - 03

PROFUNDIDAD : 2.20 m. - 2.50m.

LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| TAMAÑO MÁXIMO : 2 1/2 Pulg. | | | | | |
|-----------------------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------|
| PESO INICIAL : 6590.0 gr. | | | | | |
| FRACCIÓN : 500.0 gr. | | | | | |
| TAMIZ ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA |
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.800 | 650.00 | 9.86 | 9.86 | 90.14 |
| 1 1/2" | 38.100 | 495.00 | 7.51 | 17.37 | 82.63 |
| 1" | 25.400 | 592.00 | 8.98 | 26.36 | 73.64 |
| 3/4" | 19.000 | 558.00 | 8.47 | 34.83 | 65.17 |
| 1/2" | 12.700 | 963.00 | 14.61 | 49.44 | 50.56 |
| 3/8" | 9.500 | 548.00 | 8.32 | 57.75 | 42.25 |
| 1/4" | 6.350 | | | | |
| No4 | 4.750 | 936.00 | 14.20 | 71.96 | 28.04 |
| No8 | 2.360 | | | | |
| No10 | 2.000 | 425.89 | 6.46 | 78.42 | 21.58 |
| No16 | 1.190 | | | | |
| No20 | 0.840 | | | | |
| No30 | 0.590 | | | | |
| No40 | 0.425 | 511.23 | 7.76 | 86.18 | 13.82 |
| No 50 | 0.300 | | | | |
| No60 | 0.260 | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | |
| No100 | 0.149 | | | | |
| No200 | 0.075 | 533.30 | 8.09 | 94.27 | 5.73 |
| BASE | | 377.58 | 5.73 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 6590.00 | | | |
| % PERDIDA | | 5.73 | 0.09 | | |

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 4.04

LÍMITE LÍQUIDO (LL) : NP

LÍMITE PLÁSTICO (LP) : NP

ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : NP

CLASIFICACIÓN (SUCS) : GP - GM

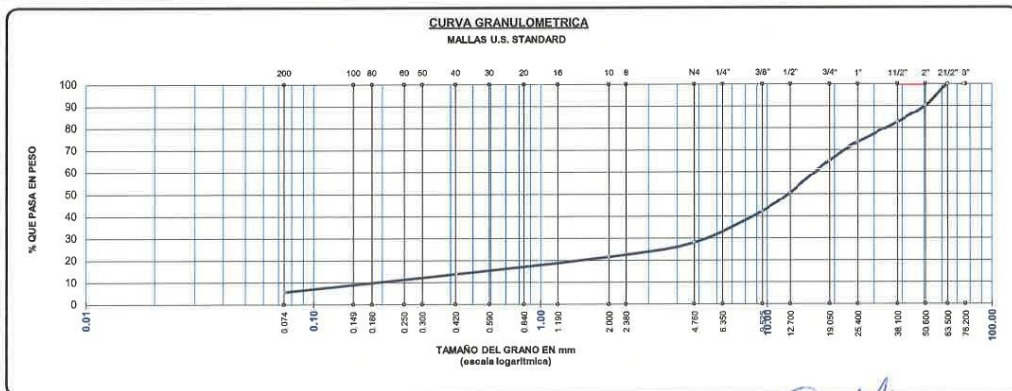
CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-1-a (0)

% GRAVA 71.96 % ARENA 22.31 % FINOS 5.73

D 10 = 0.260 D 30 = 5.413 D 60 = 16.769

Cu = 64.57 Cc = 6.73

OBSERVACIONES :



Ing. Edwin Yot Chiriqui Guzmán
INGENIERO CIVIL
CIP. Nº 239714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.S. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 2 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : Tests: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 02
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 03
PROFUNDIDAD : 2.20 m. - 2.50m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. | |
|------------------------------------|-----------|-----|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % |
| PROMEDIO | | % |

| HUMEDAD NATURAL | | |
|-----------------|--------|--------|
| 26 | 27 | 28 |
| 421.50 | 450.20 | 528.40 |
| 406.12 | 435.03 | 510.28 |
| 48.86 | 46.09 | 46.45 |
| 15.38 | 15.17 | 18.12 |
| 357.46 | 388.94 | 463.83 |
| 4.30 | 3.90 | 3.91 |
| 4.04 | | |



 Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|-----------|----------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : | 3 |

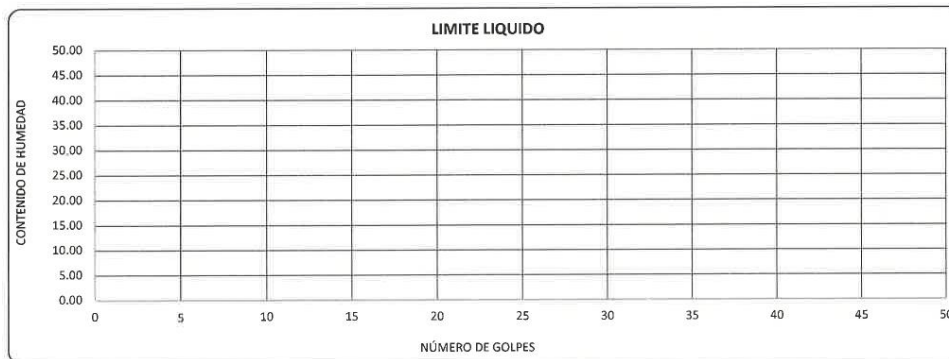
LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 02
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 03
PROFUNDIDAD : 2.20 m. - 2.50m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. | LIMITE LÍQUIDO | LIMITE PLÁSTICO |
|------------------------------------|-------------|----------------|-----------------|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A gr. | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B gr. | | |
| PESO DEL RECIPIENTE | C gr. | | |
| PESO DEL AGUA | D=A-B gr. | | |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C gr. | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 % | | |
| Nro. DE GOLPES | | | |
| PROMEDIO | % | | |

| RESULTADOS / PARAMETROS | LL | LP | IP | % W |
|---------------------------|----|----|----|------|
| OBTENIDOS | NP | NP | NP | 4.04 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | | | | |




 Ing. Edwin Noel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | |
|---|---|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. |

| |
|---|
| REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA |
|---|

| | |
|----------|---|
| PROYECTO | Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO" |
|----------|---|

| | | | |
|-------------|-----------------|-----------|----------------------------|
| DESCRIPCIÓN | CALICATA 03 | UBICACIÓN | JULIACA - SAN ROMAN - PUNO |
| MUESTRA | TERRENO NATURAL | FECHA | 14/7/2021 |
| LADO | DERECHO | | |
| PROFUNDIDAD | 2.50 m. | | |

| PROF. | SÍMBOLO | CLASIFICACIÓN | | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | Gravas | Arenas | Finos | Humedad | MUESTRA |
|--------|---------|---------------|-----------|--|--------|--------|-------|---------|---------|
| (m.) | | SUCS | AASHTO | | (%) | (%) | (%) | (%) | |
| 0.10 | | SM - SC | A-2-4 (0) | Arena limosa con presencia de arcilla | 23.98 | 41.17 | 34.85 | 5.66 | M - 01 |
| 0.20 | | | | | | | | | |
| 0.30 | | | | | | | | | |
| 0.40 | | | | | | | | | |
| 0.50 | | | | | | | | | |
| 0.60 | | | | | | | | | |
| 0.70 | | GW | A-1-a (0) | Grava bien graduada, grava con poco material fino, variacion en tamaños granulares | 57.7 | 38.64 | 3.66 | 3.75 | M - 02 |
| 0.80 | | | | | | | | | |
| 0.90 | | | | | | | | | |
| 1.00 | | | | | | | | | |
| 1.10 | | | | | | | | | |
| 1.20 | | | | | | | | | |
| 1.30 | | | | | | | | | |
| 1.40 | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | | |
| 1.60 | | | | | | | | | |
| 1.70 | | GP | A-1-a (0) | Grava mal graduada, mezcla de arena - grava con poco material fino | 67.07 | 30.75 | 2.18 | 3.79 | M - 03 |
| 1.80 | | | | | | | | | |
| 1.90 | | | | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | | | | |
| 2.10 | | | | | | | | | |
| 2.20 | | | | | | | | | |
| 2.30 | | | | | | | | | |
| 2.40 | | | | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | | | | |
| 2.60 | | | | | | | | | |
| 2.70 | | | | | | | | | |
| 2.80 | | | | | | | | | |
| 2.90 | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | |



 Ing. Edwin Noel Chirque Guzman

 INGENIERO CIVIL,

 CIP. N° 239714

 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | | VERSIÓN : | |
| | 'INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT' S.A.C. | PAGINA : 1 | |

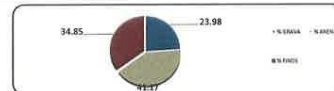
ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 03
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 01
PROFUNDIDAD : 0.20 m. - 0.60m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

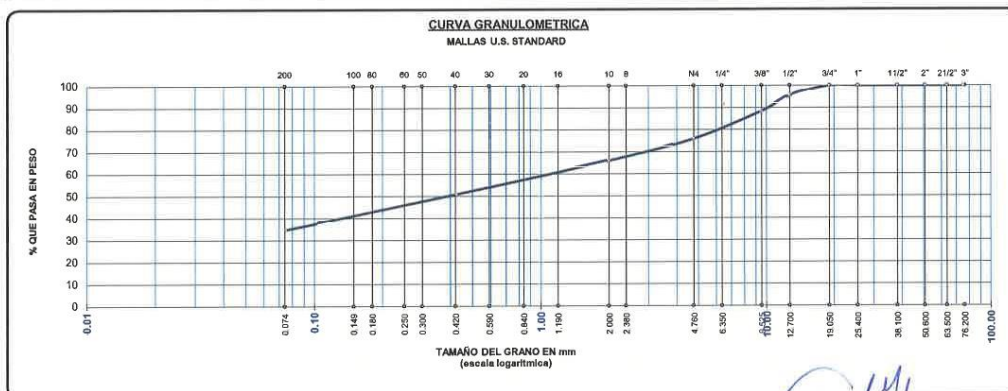
| | | | |
|---------------|---|-------|-------|
| TAMAÑO MAXIMO | : | 3/4 | Pulg. |
| PESO INICIAL | : | 500.0 | gr. |
| FRACCIÓN | : | 500.0 | gr. |

| TAMIZ ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA | MTC | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------|-----|------------------------------------|
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 5.66 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE LÍQUIDO (LL) : 26.37 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE PLÁSTICO (LP) : 21.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : 5.37 |
| 1" | 25.400 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CLASIFICACIÓN (SUCS) : SM - SC |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-2-4 (0) |
| 1/2" | 12.700 | 22.00 | 4.40 | 4.40 | 95.60 | | |
| 3/8" | 9.500 | 35.60 | 7.12 | 11.52 | 88.48 | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No4 | 4.750 | 62.30 | 12.46 | 23.98 | 76.02 | | |
| No8 | 2.380 | | | | | | |
| No10 | 2.000 | 49.61 | 9.92 | 33.90 | 66.10 | | |
| No16 | 1.190 | | | | | | |
| No20 | 0.840 | | | | | | |
| No30 | 0.590 | | | | | | |
| No40 | 0.425 | 75.80 | 15.16 | 49.06 | 50.94 | | |
| No50 | 0.300 | | | | | | |
| No60 | 0.260 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | | | | | | |
| No200 | 0.075 | 80.44 | 16.09 | 65.15 | 34.85 | | |
| BASE | | 174.25 | 34.85 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | | | | | |
| % PERDIDA | | 34.85 | 6.97 | | | | |




| | | | | | |
|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| % GRAVA | 23.98 | % ARENA | 41.17 | % FINOS | 34.85 |
| D 10 = | | D 30 = | | D 60 = | 1.366 |
| Cu = | | Cc = | | | |

OBSERVACIONES :




 Ing. Edwin Noel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | 'INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT' S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 2 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : Tests: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
DESCRIPCIÓN : CALICATA 03
MUESTRA : M - 01
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
FECHA : 14/7/2021
PROFUNDIDAD : 0.20 m. - 0.60m.

| DESCRIPCIÓN | UNID. | |
|------------------------------------|-----------|-----|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % |
| PROMEDIO | | % |

| HUMEDAD NATURAL | | |
|-----------------|--------|--------|
| 37 | 38 | 39 |
| 545.50 | 569.60 | 572.30 |
| 521.72 | 540.22 | 542.50 |
| 46.54 | 46.81 | 48.61 |
| 23.78 | 29.38 | 29.80 |
| 475.18 | 493.41 | 493.89 |
| 5.00 | 5.95 | 6.03 |
| | 5.66 | |


 Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|---|--|------------------------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. | CODIGO : VERSIÓN : PAGINA : 3 | RUC - 20606762357 |
|---|---|--|------------------------------------|

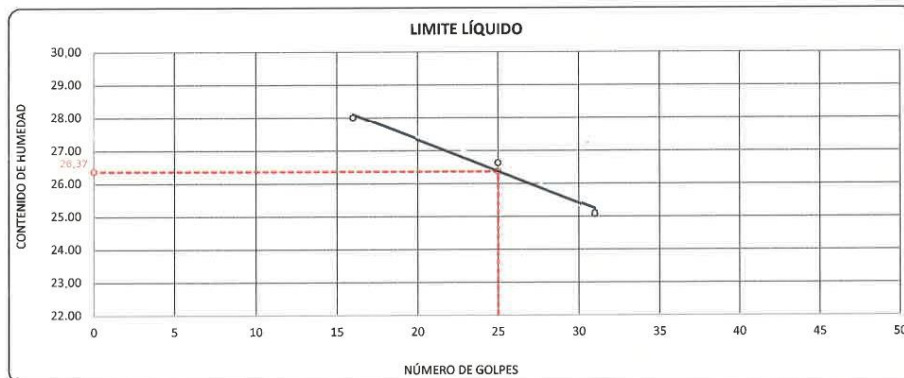
LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 03
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 01
PROFUNDIDAD : 0.20 m. - 0.60m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA


| DESCRIPCIÓN | UNID. | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO |
|------------------------------------|-------------|-------------------|-----------------|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | 9 10 11 | 10 11 |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A gr. | 68.32 67.69 64.35 | 29.87 28.26 |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B gr. | 64.03 63.75 60.68 | 28.81 27.22 |
| PESO DEL RECIPIENTE | C gr. | 48.71 48.95 46.04 | 23.78 22.25 |
| PESO DEL AGUA | D=A-B gr. | 4.29 3.94 3.67 | 1.06 1.04 |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C gr. | 15.32 14.80 14.64 | 5.03 4.97 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 % | 28.00 26.62 25.07 | 21.07 20.93 |
| Nro. DE GOLPES | | 16 25 31 | |
| PROMEDIO | % | | 21.00 |

| RESULTADOS / PARAMETROS | LL | LP | IP | % W |
|---------------------------|------|------|-----|------|
| OBTENIDOS | 26.4 | 21.0 | 5.4 | 5.66 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | | | | |





Ing. Edwin Noel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. Nº 229714
Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 1 | |

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"

SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO

DESCRIPCIÓN : CALICATA 03

FECHA : 14/7/2021

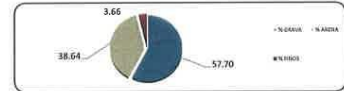
MUESTRA : M - 02

PROFUNDIDAD : 0.60 m. - 1.90m.

LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

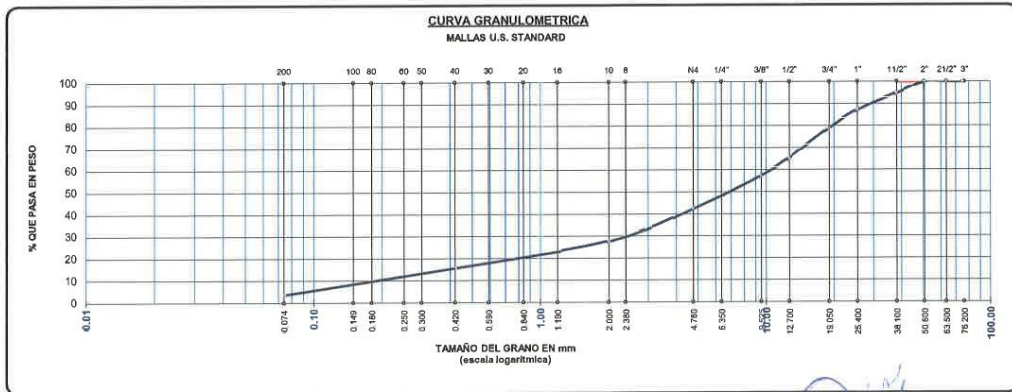
| | | | |
|---------------|---|--------|-------|
| TAMAÑO MAXIMO | : | 2 | Pulg. |
| PESO INICIAL | : | 7520.0 | gr. |
| FRACCIÓN | : | 500.0 | gr. |

| TAMIZ ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA | MTS | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------|-----|------------------------------------|
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 3.75 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE LÍQUIDO (LL) : NP |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE PLÁSTICO (LP) : NP |
| 1 1/2" | 38.100 | 396.00 | 5.27 | 5.27 | 94.73 | | ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : NP |
| 1" | 25.400 | 565.00 | 7.51 | 12.78 | 87.22 | | CLASIFICACIÓN (SUCS) : GW |
| 3/4" | 19.000 | 630.00 | 8.38 | 21.16 | 78.84 | | CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-1-a (0) |
| 1/2" | 12.700 | 1013.00 | 13.47 | 34.63 | 65.37 | | |
| 3/8" | 9.500 | 603.00 | 8.02 | 42.65 | 57.35 | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No4 | 4.750 | 1132.00 | 15.05 | 57.70 | 42.30 | | |
| No6 | 2.380 | | | | | | |
| No10 | 2.000 | 1114.81 | 14.82 | 72.52 | 27.48 | | |
| No16 | 1.190 | | | | | | |
| No20 | 0.840 | | | | | | |
| No30 | 0.590 | | | | | | |
| No40 | 0.425 | 887.12 | 11.80 | 84.32 | 15.68 | | |
| No 50 | 0.300 | | | | | | |
| No60 | 0.260 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | | | | | | |
| No200 | 0.075 | 903.91 | 12.02 | 96.34 | 3.66 | | |
| BASE | | 275.16 | 3.66 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 7520.00 | | | | | |
| % PERDIDA | | 3.66 | 0.05 | | | | |




| | | | | | |
|---------|-------|---------|-------|---------|--------|
| % GRAVA | 57.70 | % ARENA | 38.64 | % FINOS | 3.66 |
| D 10 = | 0.260 | D 30 = | 2.470 | D 60 = | 10.556 |
| Cu = | 40.66 | Cc = | 2.23 | | |

OBSERVACIONES :



Ing. Edwin Yoel Choque Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 2339714
Esp. GEOTECNIA Y SISMOTECNIA

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 2 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 03
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 02
PROFUNDIDAD : 0.60 m. - 1.90m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. | |
|------------------------------------|-----------|-----|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % |
| PROMEDIO | | % |

| HUMEDAD NATURAL | | |
|-----------------|--------|--------|
| 23 | 24 | 25 |
| 485.00 | 497.10 | 422.60 |
| 467.02 | 482.14 | 409.66 |
| 46.17 | 45.80 | 42.39 |
| 17.98 | 14.96 | 12.94 |
| 418.85 | 436.34 | 367.27 |
| 4.29 | 3.43 | 3.52 |
| | 3.75 | |


 Ing. Juan Noel Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|-----------|----------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | "INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT" S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : | 3 |

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90 T-89)

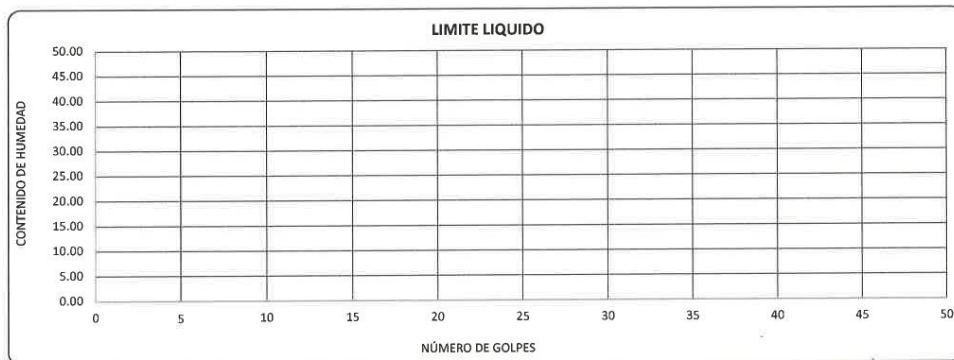
PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 03
FECHA : 14/7/2021
MUESTRA : M - 02
PROFUNDIDAD : 0.60 m. - 1.90m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. |
|------------------------------------|-------------|
| Nro. DEL RECIPIENTE | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 % |
| Nro.DE GOLPES | |
| PROMEDIO | % |

| LÍMITE LÍQUIDO |
|----------------|
| NP |

| LÍMITE PLÁSTICO |
|-----------------|
| NP |

| RESULTADOS / PARAMETROS | LL | LP | IP | % W |
|---------------------------|----|----|----|------|
| OBTENIDOS | NP | NP | NP | 3.75 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | | | | |




 Ing. Edwin Yael Choque Guzmán
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | | VERSIÓN : | |
| | INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C. | PAGINA : 1 | |

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

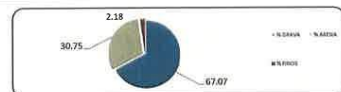
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27 T-88)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
 SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR
 DESCRIPCIÓN : CALICATA 03
 MUESTRA : M - 03
 LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

UBICACIÓN : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
 FECHA : 14/7/2021
 PROFUNDIDAD : 1.90 m. - 2.50m.

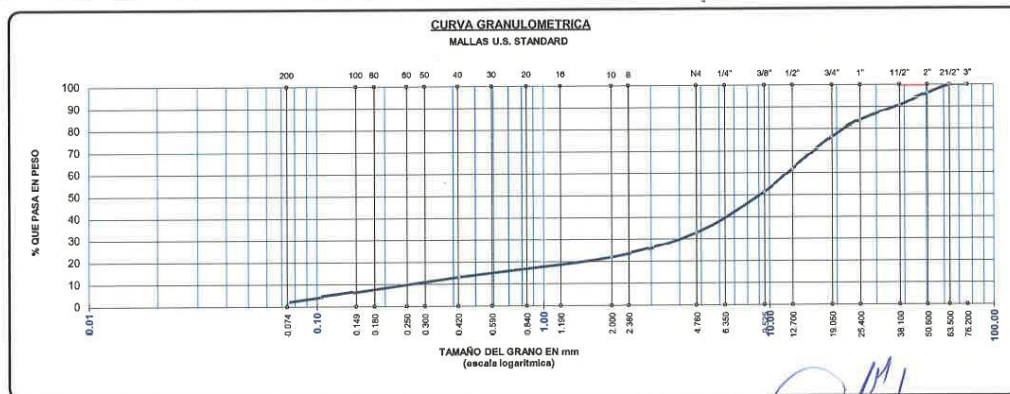
| | | | |
|---------------|---|--------|-------|
| TAMAÑO MAXIMO | : | 2 1/2 | Pulg. |
| PESO INICIAL | : | 7950.0 | gr. |
| FRACCIÓN | : | 500.0 | gr. |

| TAMIZ ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO | % RET. PARCIAL | % RET. ACUMULADO | % QUE PASA | MTS | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|------------|---------------|---------------|----------------|------------------|------------|-----|------------------------------------|
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 3.79 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | LÍMITE LÍQUIDO (LL) : NP |
| 2" | 50.800 | 299.00 | 3.76 | 3.76 | 96.24 | | LÍMITE PLÁSTICO (LP) : NP |
| 1 1/2" | 38.100 | 435.00 | 5.47 | 9.23 | 90.77 | | ÍNDICE PLÁSTICO (IP) : NP |
| 1" | 25.400 | 522.00 | 6.57 | 15.80 | 84.20 | | CLASIFICACIÓN (SUCS) : GP |
| 3/4" | 19.000 | 622.00 | 7.82 | 23.62 | 76.38 | | CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-1-a (0) |
| 1/2" | 12.700 | 1150.00 | 14.47 | 38.09 | 61.91 | | |
| 3/8" | 9.500 | 835.00 | 10.50 | 48.59 | 51.41 | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No4 | 4.750 | 1469.00 | 18.48 | 67.07 | 32.93 | | |
| No8 | 2.380 | | | | | | |
| No10 | 2.000 | 864.99 | 10.88 | 77.95 | 22.05 | | |
| No16 | 1.190 | | | | | | |
| No20 | 0.840 | | | | | | |
| No30 | 0.590 | | | | | | |
| No40 | 0.425 | 697.75 | 8.78 | 86.73 | 13.27 | | |
| No 50 | 0.300 | | | | | | |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | | | | | | |
| No200 | 0.075 | 882.21 | 11.10 | 97.82 | 2.18 | | |
| BASE | | 173.05 | 2.18 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 7950.00 | | | | | |
| % PERDIDA | | 2.18 | 0.03 | | | | |




| | | | | | |
|---------|-------|---------|-------|---------|--------|
| % GRAVA | 67.07 | % ARENA | 30.75 | % FINOS | 2.18 |
| D 10 = | 0.322 | D 30 = | 4.017 | D 60 = | 12.117 |
| Cu = | 37.66 | Cc = | 4.14 | | |

OBSERVACIONES :




 Ing. Edwin Yael Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 238714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
|  | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS | CODIGO : | RUC - 20606762357 |
| | INGENIERÍA Y GEOTECNIA YOCAT S.A.C. | VERSIÓN : | |
| | | PAGINA : 2 | |

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : Tesis: "EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO"
SOLICITANTE : Bach. ALMONTE PILCO, NESTOR **UBICACIÓN** : JULIACA - SAN ROMAN - PUNO
DESCRIPCIÓN : CALICATA 03 **FECHA** : 14/7/2021
MUESTRA : M - 03 **PROFUNDIDAD** : 1.90 m. - 2.50m.
LUGAR : PUENTE UNOCOLLA

| DESCRIPCIÓN | UNID. | |
|------------------------------------|-----------|-----|
| Nro. DEL RECIPIENTE | | |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO | A | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO | B | gr. |
| PESO DEL RECIPIENTE | C | gr. |
| PESO DEL AGUA | D=A-B | gr. |
| PESO DEL SUELO SECO | E=B-C | gr. |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | (D/E)*100 | % |
| PROMEDIO | | % |

| HUMEDAD NATURAL | | |
|-----------------|--------|--------|
| 31 | 32 | 33 |
| 472.50 | 496.00 | 432.00 |
| 454.95 | 480.68 | 418.97 |
| 47.18 | 46.82 | 48.69 |
| 17.55 | 15.34 | 13.03 |
| 407.77 | 433.84 | 370.28 |
| 4.30 | 3.54 | 3.52 |
| 3.79 | | |



 Ing. Edwin Yael Choque Guzman
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 239714
 Esp. GEOTECNIA Y TRANSPORTE

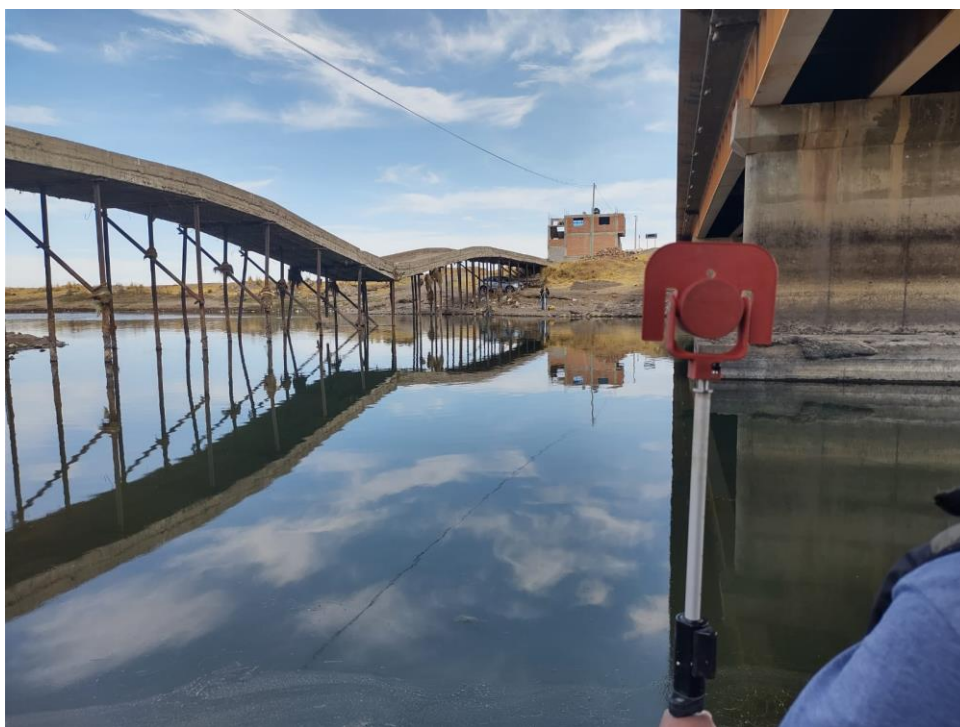
ANEXO 8: Panel fotográfico



Fotografía 1. Unidad de análisis “Puente Unocolla – Juliaca”



Fotografía 2. Inicio del proceso de levantamiento topográfico



Fotografía 3. Proceso de recolección de puntos



Fotografía 4. Recolección de puntos topográficos



Fotografía 5. Vista de pilar en proceso de socavación



Fotografía 6. Equipo utilizado en el proceso de levantamiento topográfico



Fotografía 7. Medición de la calicata



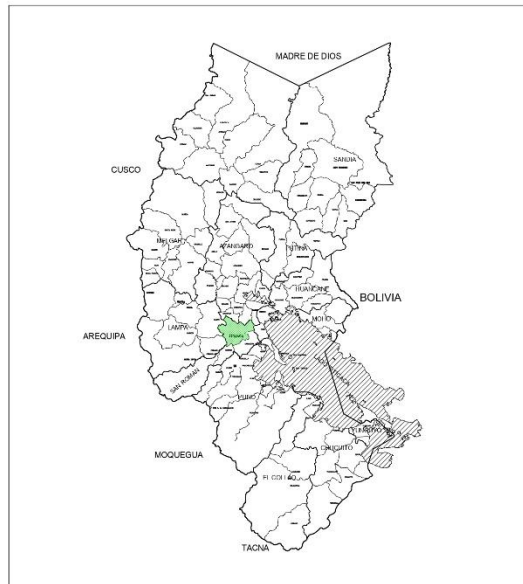
Fotografía 8. Recolección de muestras para análisis de suelos

ANEXO 9: Planos



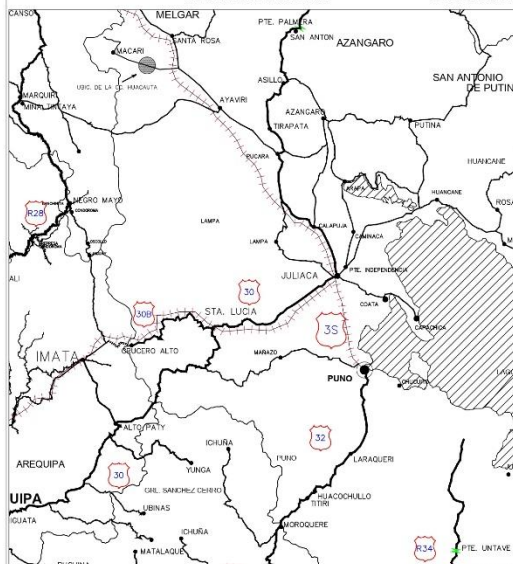
LOCALIZACION NACIONAL

ESCALA 1/10000



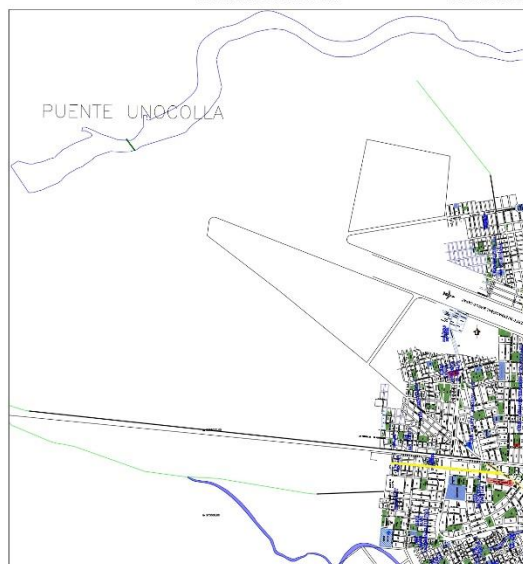
LOCALIZACION REGIONAL

ESCALA 1/12500



LOCALIZACION PROVINCIAL: PRINCIPALES VIAS DE ACCESO

ESCALA 1/1000



LOCALIZACION DISTRITAL

ESCALA 1/10000

| LEYENDA | |
|--------------------------------------|--|
| Longitudinal de la sierra | |
| Carretera Transversal | |
| Ferrocarril | |
| Límite Internacional | |
| Límite Distrital | |
| Capital de departamento | |
| Municipio | |
| Coordenadas U.T.M. | |
| Área del proyecto | |
| Localización geográfica del proyecto | |

| ACCESIBILIDAD AL PROYECTO | | | | | | |
|---------------------------|----------------|--|---------|----------------|---------------|-------------|
| VIA DE ACCESO | TIPO | CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA | ESTADO | DISTANCIA (Km) | TIEMPO (hora) | TIPO DE VÍA |
| VA. RECTORAL | Calle (Lima) | No edificadas Ruta de Lima a Desaguadero | Regular | 1296.51 Km | 78 | S/ 100.00 |
| | Puno - Juliaca | Carretera Inter. Oroya - Arequipa - Lima | Regular | 45.23 Km | 1 | S/ 2.50 |

| UBICACION DEL PROYECTO | |
|------------------------|------------|
| DEPARTAMENTO: | PUNO |
| PROVINCIA: | SAN ROMÁN |
| DISTRITO: | JULIACA |
| LOCALIDAD: | PERSEPOLIS |

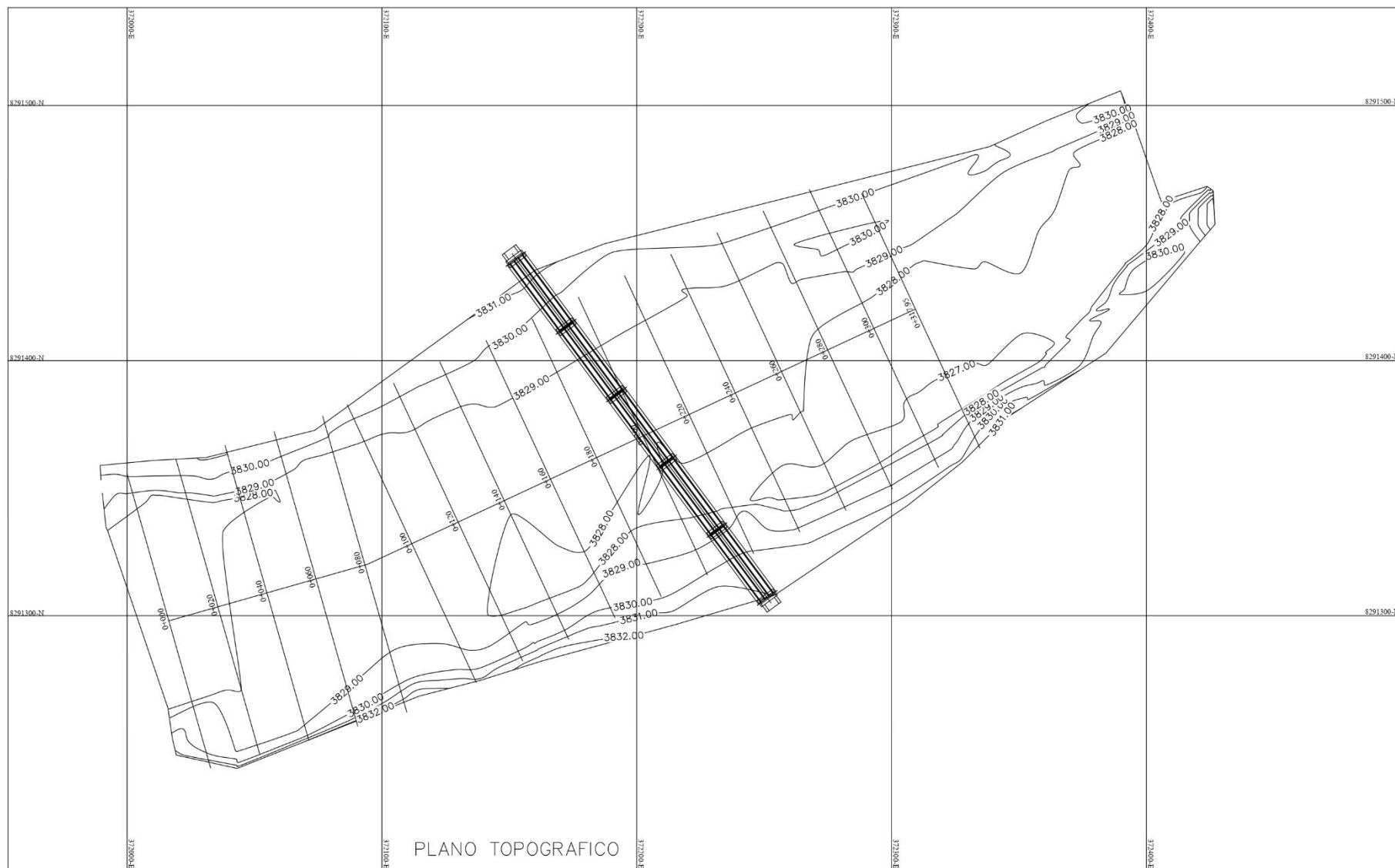


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

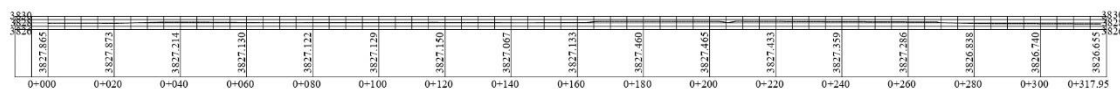
| | | |
|----------|--|-----------------------|
| PROYECTO | EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO | |
| PLANO | TOPOGRÁFICO Y PERFIL LONGITUDINAL | |
| TERCERA | BACH. ALMONTÉ PILCO, NESTOR | FECHA: JULIO DEL 2021 |
| ASESOR | M(6). DE LA CRUZ VEGA, SLEYTHER ARTURO | ESCALA: INDICADA |


UBICACIÓN:
LOCALIDAD: JULIACA
DISTRITO: PERSEPOLIS
PROVINCIA: SAN ROMÁN
DEPARTAMENTO: PUNO

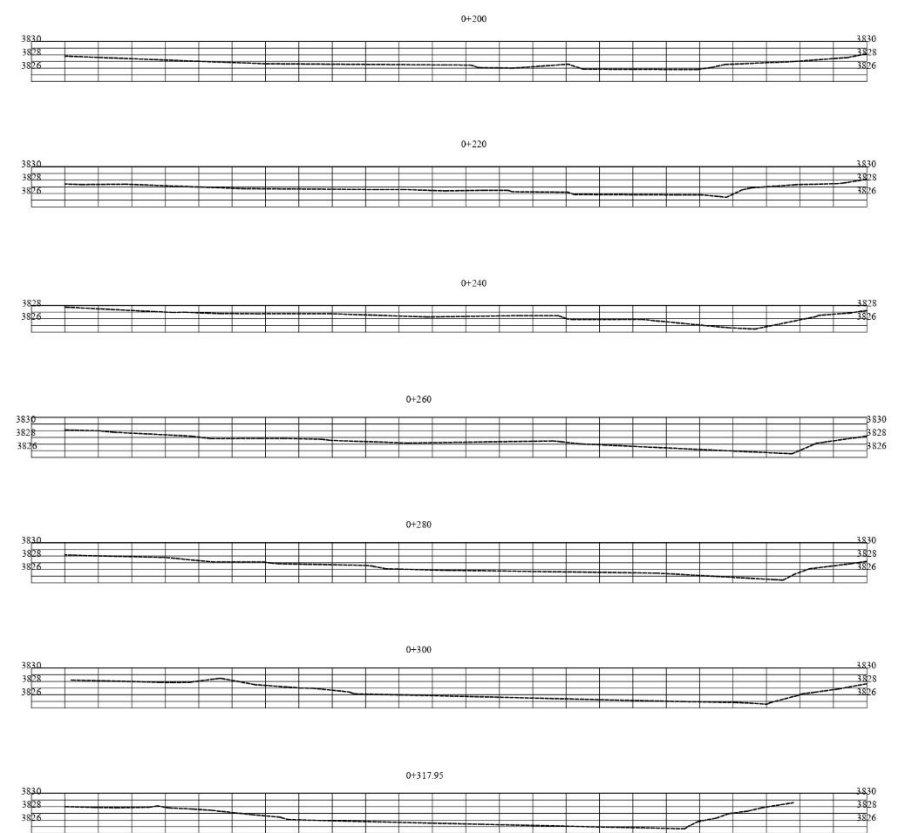
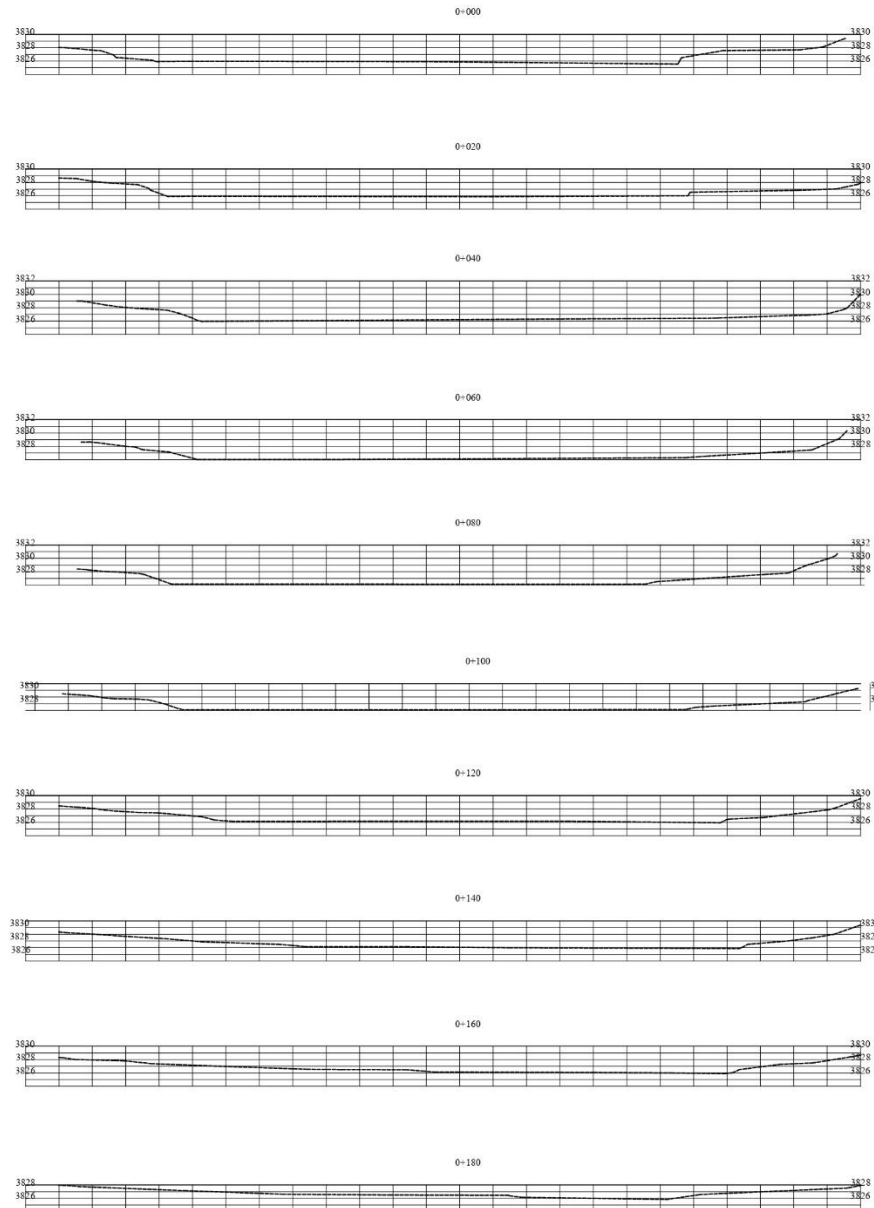
PLANO:
P-01




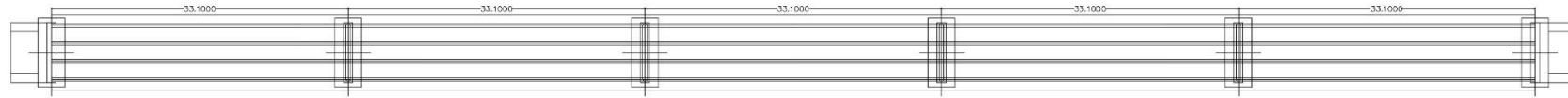
PERFIL LONGITUDINAL



| | | |
|--|--|--|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | | <small>INSTITUCIÓN</small> <small>LOCALIDAD JULIACA</small> <small>DEPARTAMENTO JULIACA</small> <small>PROVINCIA JULIACA</small> <small>DISTRITO JULIACA</small> |
| <small>PROYECTO</small> EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO | | <small>PLANO</small> P-02 |
| <small>PLANO</small> TOPOGRAFICO Y PERFIL LONGITUDINAL | | |
| <small>TRABAJO</small> BACH. ALMONTE PILCO, NESTOR | | |
| <small>ASesor</small> M(o) DE LA CRUZ VEGA, SLEYTHER ARTURO | | |
| <small>FECHA</small> JULIO DEL 2021 | | <small>ESCALA</small> 1/1000 |
| | | |



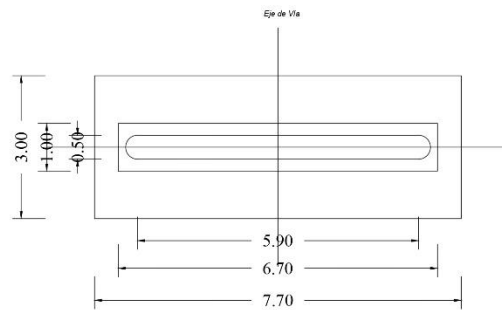
| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | | | | UBICACIÓN: LOCALIDAD: JULIACA DISTRITO: JULIACA PROVINCIA: JULIACA REGION: PUNO | |
| PROYECTO: EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRÁULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO | | PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES | | | |
| TESISTA: BACH. ALMONTE PILCO, NESTOR | | FECHA: JULIO DEL 2021 | | | |
| ASESOR: M(o). DE LA CRUZ VEGA, SLEYTHER ARTURO | | ESCALA: 1/500 | | | |
| | | | | P-03 | |



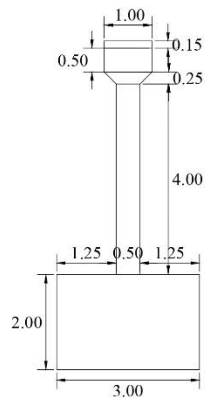
ESCALA: 1/250



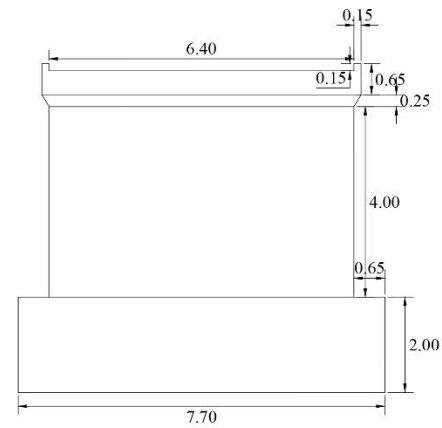
ESCALA: 1/250



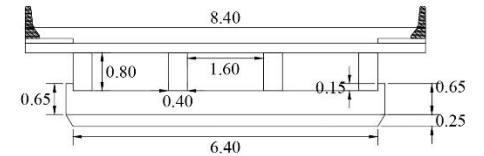
ESCALA: 1/50



ESCALA: 1/50



ESCALA: 1/50

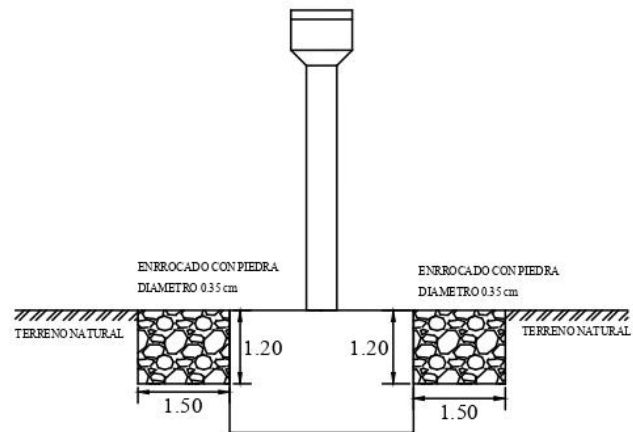


ESCALA: 1/50

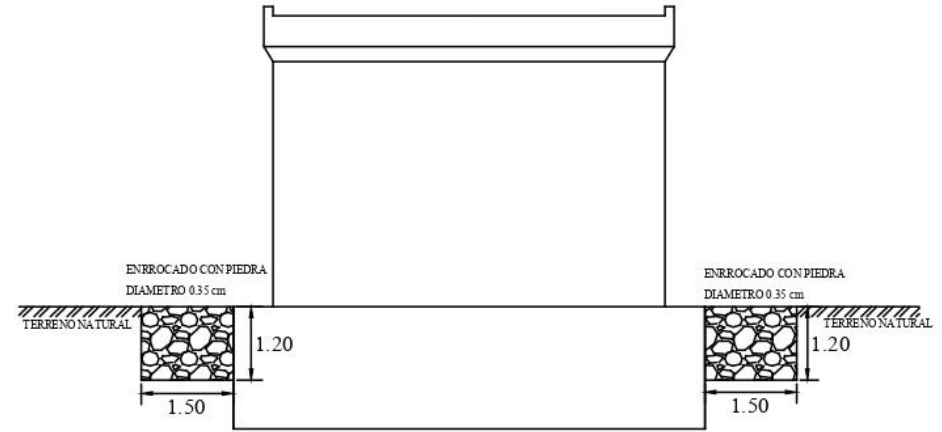


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

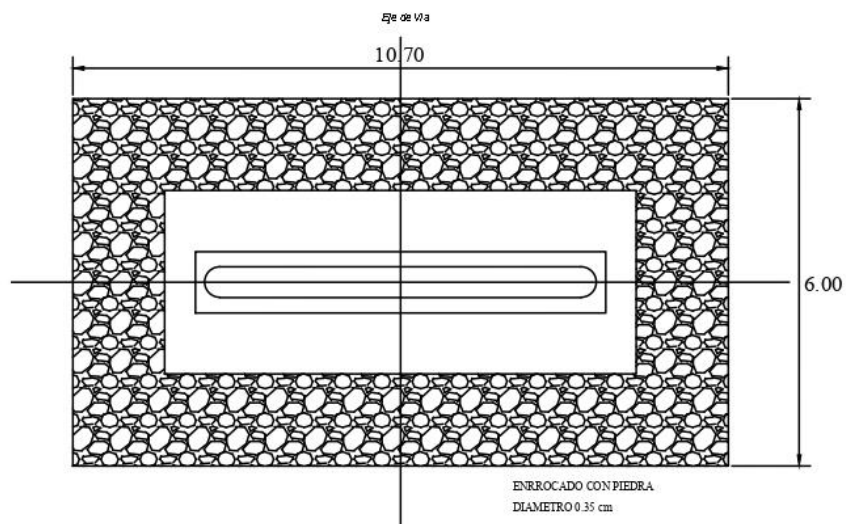
| | | | | | |
|-----------|--|--|----------------|------------|--|
| PROYECTO: | | EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCACCIÓN HIDRAULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO | | UBICACIÓN: | LOCALIDAD: JULIACA DEPARTAMENTO: PUNO PROVINCIA: JULIACA DISTRITO: PUNO |
| PLANO: | DETALLES PUENTE UNOCOLLA | FECHA: | JULIO DEL 2021 | PLANO: | P-04 |
| TRABAJA: | BACIL ALMONTE PILCO, NESTOR | ESCALA: | INTRODUCIDA | | |
| APROBADO: | MIGUEL DE LA CRUZ VEGA, SLEYTHIER ARTURO | | | | |



ESCALA: 1/75



ESCALA: 1/75



ESCALA: 1/75



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

| | | | |
|---|---------------------------------------|--------|----------------|
| EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROTECCIÓN CONTRA EL PROCESO DE SOCAVACIÓN HIDRAULICA DEL PUENTE UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO | | | |
| PROYECTO | PROPUESTA DE ENROCADO | FECHA | 11/10 DEL 2021 |
| ELABORADO | BACH. ALMONTE PILCO, NESTOR | ESTADO | INDICADA |
| REVISADO | M(0) DE LA CRUZ VEGA, SLEYTHER ARTURO | | |

PIANO:
P-05